



**FERNANDO MANUEL  
LEMONS DE SÁ**

**RACIONALIZAÇÃO DO PLANEAMENTO  
OPERACIONAL NA MGC TRANSPORTES**



**FERNANDO MANUEL  
LEMONS DE SÁ**

**RACIONALIZAÇÃO DO PLANEAMENTO  
OPERACIONAL NA MGC TRANSPORTES**

Relatório de Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Doutor José António de Vasconcelos Ferreira, Professor Associado do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro

*A todos os que acreditam na mudança, na reestruturação,  
num mundo empresarial melhor.*

## **o júri**

presidente

Prof. Doutora Ana Luísa Ferreira Andrade Ramos  
Professora auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor António Gil D'Orey de Andrade Campos  
Professor auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor José António de Vasconcelos Ferreira  
Professor associado da Universidade de Aveiro

## **agradecimentos**

Primeiramente, agradeço a toda a minha família por todo o suporte que me deu, pois são eles que me “aturam” no final de todos os dias, porque estão sempre lá, para a concretização do sonho que é ser Engenheiro.

Em segundo lugar agradeço à MGC Transportes por toda a colaboração, pela simpatia e companheirismo partilhado. Não desvalorizando os restantes colaboradores, vou em especial referir quatro pessoas, pois sem elas, não chegaria certamente ao que era pretendido.

Agradeço ao Pedro Marques por toda a paciência e disposição para ajudar e para compreender algumas das minhas dificuldades, especialmente a nível informático. Foi uma pessoa que auxiliou sempre, em todas as fases, quer a nível profissional, quer a nível pessoal. Obrigado amigo.

Agradeço ao Eng.º Rui Dias pela forma como me recebeu, como facilmente me integrou com as pessoas, como me fez sentir bem com todos na MGC e sempre se disponibilizou para simplificar e resolver os meus problemas.

Ao “grande” Sr. Mota por realmente ter tido a paciência de tentar passar a sua experiência, o seu trabalho diário, a um novato curioso, por vezes chato, que apenas pretendia uma maior aproximação do seu trabalho à realidade. Um abraço.

À Eng.ª Mafalda, que orientou todo o projeto, que esteve presente em todas as fases, lançou desafios, demonstrou quais os objetivos da empresa e quais as melhores metodologias e considerações para lá chegar.

Agradeço ainda à Universidade de Aveiro como instituição que me viu crescer e formar.

Ao professor orientador José Vasconcelos pela partilha de conhecimentos da área, por demonstrar interesse no trabalho realizado, pela possibilidade de participar e apresentar o projeto no Encontro Nacional de Engenharia e Gestão Industrial 2013.

Finalmente, agradeço aos meus amigos, porque devem estar fartinhos de me ouvir “discursar” sobre linhas, percursos, vazios, escalas, viaturas, tripulantes, etc.

Em especial, agradeço à Rute Rita que sempre acreditou em mim, que partilhou toda esta experiência de projeto de estágio comigo, que puxou por mim e me fez melhorar todos os dias.

## palavras-chave

Planeamento Operacional de Transportes; Serviços de Viatura; Serviços de Tripulante; Racionalização de Custos Operacionais

## resumo

O presente projeto aborda o problema do planeamento operacional de transporte coletivo urbano numa empresa privada de média dimensão, a MGC Transportes. Dado o baixo poder de compra dos consumidores e a diminuta capacidade das empresas para o investimento, reforça-se a necessidade de reduzir custos e é nesse contexto que surge o trabalho realizado.

As empresas transportadoras procuram, mais do que nunca, garantir a utilização eficiente de recursos como fonte de vantagem competitiva. O principal objetivo passa por, mantendo a mesma oferta, redesenhar com o auxílio de *software* especializado o serviço de viaturas e motoristas, na procura de soluções mais económicas do que as atuais.

Trata-se de um problema complexo, apesar de bem conhecido, cuja resolução envolve frequentemente uma elevada dose de experimentação, no sentido de observar o comportamento do sistema face a cenários alternativos.

Em relação ao que é praticado atualmente, a principal melhoria resulta da alocação adequada dos tipos de contrato aos serviços de tripulante, elevando o tempo efetivo de condução relativamente ao tempo que é pago, no sentido de minimizar os custos para a empresa. Os resultados positivos resultam também de um melhor aproveitamento da atividade das viaturas e da redução dos seus percursos em vazio.

Foram alcançadas soluções vantajosas (poupanças até 6,3% dos custos operacionais variáveis) para vários cenários possíveis: sem rendição, com rendição parcial (só nas linhas da operação Andante) e com rendição total. Para todas elas são descritos os custos associados e são efetuadas comparações.

**keywords**

Transit Service Operational Planning; Vehicle Scheduling; Crew Scheduling; Operational Costs Rationalization

**abstract**

This project concerns the operational planning of urban mass transit in a medium-sized private company, *MGC Transportes*. The consumers' loss of purchasing power and the companies' lower ability to invest reinforce the need to reduce costs. The work done arises in this context.

Transporting companies seek, more than ever, to ensure the efficient use of resources as a source of competitive advantage. The main objective is to, maintaining the same supply, reorganize the vehicle and crew scheduling with specialized software assistance, seeking for more economical solutions than the ones in practice nowadays.

Although well-known, it's a complex problem in which the resolution involves high volume of experimentation in order to analyze the system behavior under alternative scenarios.

Compared with the current company practice, the main improvement consists in the proper allocation of contracts to the bus driver's duties by increasing the effective driving time in relation to the time that is paid, in order to minimize the costs. The positive results are also achieved with a better vehicle utilization and a reduction in their non-productive journeys.

Beneficial solutions were achieved (savings up to 6,3% of the operational variable costs) for many possible scenarios: no crew exchange, partial crew exchange (only in *Andante* lines) and total crew exchange. The associated costs are described for every built solution and also its comparisons with the actual practice.

## ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	- 1 -
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROJETO .....	- 1 -
1.2 RELEVÂNCIA DO TEMA.....	- 1 -
1.3 ESTRUTURA DO DOCUMENTO .....	- 2 -
2. O PLANEAMENTO OPERACIONAL DO TRANSPORTE COLETIVO URBANO.....	- 3 -
2.1 CUSTOS ENVOLVIDOS .....	- 3 -
2.2 O PLANEAMENTO OPERACIONAL .....	- 4 -
2.2.1 DEFINIÇÃO DA REDE.....	- 8 -
2.2.2 DEFINIÇÃO DOS HORÁRIOS.....	- 8 -
2.2.3 DEFINIÇÃO DOS SERVIÇOS DE VIATURA .....	- 9 -
2.2.4 DEFINIÇÃO DOS SERVIÇOS DE TRIPULANTE.....	- 9 -
2.2.5 ESCALONAMENTO .....	- 10 -
2.3 O PLANEAMENTO OPERACIONAL EM EMPRESAS DE MÉDIA DIMENSÃO .....	- 10 -
2.4 <i>SOFTWARE</i> DE SUPORTE AO PLANEAMENTO OPERACIONAL.....	- 11 -
3. O PLANEAMENTO OPERACIONAL NA MGC TRANSPORTES .....	- 13 -
3.1 A MGC TRANSPORTES.....	- 13 -
3.1.1 A OFERTA.....	- 13 -
3.1.2 DADOS HISTÓRICOS DA OPERAÇÃO .....	- 15 -
3.1.3 PESSOAL E INFRAESTRUTURAS .....	- 16 -
3.2 ABORDAGEM ATUAL AO PROBLEMA NA MGC TRANSPORTES.....	- 17 -
3.3 O PROJETO.....	- 19 -
3.3.1 DADOS DE PARTIDA.....	- 19 -
3.3.1 OBJETIVOS A ATINGIR .....	- 21 -
3.4 METODOLOGIA.....	- 23 -
4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS .....	- 27 -
4.1 LEVANTAMENTO E TRATAMENTO DE DADOS .....	- 27 -
4.2 CRIAÇÃO DA LINHA “ALUGUER” .....	- 28 -



4.3 REPLICAÇÃO DE UMA ESCALA NO <i>SOFTWARE</i> .....	- 29 -
4.4 CÁLCULO DOS CUSTOS OPERACIONAIS .....	- 32 -
4.5 DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS .....	- 34 -
4.5.1 ALTERAÇÃO DE CONTRATOS .....	- 34 -
4.5.2 RENDIÇÃO NO PORTO PARA QUALQUER LINHA .....	- 35 -
4.5.3 SEM RENDIÇÃO .....	- 38 -
4.5.4 RENDIÇÃO NO PORTO PARA LINHAS ANDANTE .....	- 41 -
4.5.5 COMPARAÇÃO DAS ALTERNATIVAS .....	- 43 -
4.5.6 AFINAÇÃO DA ALTERNATIVA SELECIONADA .....	- 49 -
4.6 SUGESTÕES DE MELHORIA AO <i>SOFTWARE</i> DE SUPORTE .....	- 52 -
5. CONCLUSÃO .....	- 55 -
5.1 BALANÇO DO TRABALHO REALIZADO .....	- 55 -
5.2 PERSPETIVAS DE TRABALHO FUTURO .....	- 56 -
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	- 59 -
ANEXOS	
ANEXO A - LISTAGEM DE NÓS	
ANEXO B - LISTAGEM DE LINHAS	
ANEXO C - LISTAGEM DE FÓRMULAS	
ANEXO D - CÓDIGO EM <i>VISUAL BASIC</i> PARA TRATAMENTO DOS DADOS	

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema representativo das várias fases do Planeamento Operacional de Transporte (Ceder, 2007).....	- 7 -
Figura 2 - Representação na Rede dos Eixos da Oferta e nós relevantes. ....	- 14 -
Figura 3 - Evolução da atividade do Transporte Regular de Passageiros .....	- 15 -
Figura 4 - Evolução da atividade do Aluguer.....	- 15 -
Figura 5 - Sede da MGC Transportes em Avintes.....	- 16 -
Figura 6 - Parque das Camélias no Porto .....	- 16 -
Figura 7 - Ponto de Recolha em Tourão .....	- 16 -
Figura 8 - Diagrama de Classes do Planeamento Operacional da MGC .....	- 17 -
Figura 9 - Rede da MGC para o Transporte Regular obtido no <i>GISTLight</i> .....	- 19 -
Figura 10 - Viagens da oferta analisada no projeto .....	- 20 -
Figura 11 - Fluxograma da metodologia desenvolvida. ....	- 23 -
Figura 12 - Formato admitido pelo GISTLight para input de viagens.....	- 24 -
Figura 13 - Esquema demonstrativo da recolha e tratamento de dados.....	- 27 -
Figura 14 - As viagens criadas para o serviço regular especializado. ....	- 29 -
Figura 15 - Exemplos de validação automática de serviços de tripulante.....	- 36 -
Figura 16 - Variação das Viaturas e Motoristas entre soluções.....	- 44 -
Figura 17 - Variação dos quilómetros em vazio nas soluções analisadas. ....	- 44 -
Figura 18 - Variação das horas extras praticadas nas soluções comparadas. ....	- 44 -
Figura 19 - Variação dos incumprimentos de refeição. ....	- 45 -
Figura 20 - Análise ao impacto dos custos operacionais de cada variável nos custos totais. ....	- 45 -
Figura 21 - Necessidade de acréscimo de quilómetros em vazio devido à localização do ponto de recolha para tornar a poupança nula. ....	- 47 -
Figura 22 - Distribuição dos serviços de tripulante por número de etapas em cada solução. ....	- 48 -
Figura 23 - Evolução do número de etapas e horas extras nas diversas soluções analisadas.....	- 48 -



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Listagem de conceitos essenciais ao planeamento operacional de transportes.....	- 4 -
Tabela 2 - Frota da MGC para o Transporte Regular e ao Serviço Especializado ..	- 21 -
Tabela 3 - Disponibilidade dos contratos dos motoristas existentes e respetivos parâmetros .....	- 21 -
Tabela 4 - Exemplo da criação de viagens para o Serviço Regular Especializado..	- 28 -
Tabela 5 - Exemplo da informação exportada do <i>GISTLight</i> para um serviço de tripulante.....	- 30 -
Tabela 6 - Informação recolhida após tratamento dos dados.....	- 30 -
Tabela 7 - Exemplo de exportação do <i>GISTLight</i> para um serviço de viatura .....	- 30 -
Tabela 8 - Resultados da escala praticada no dia 15-10-12.....	- 31 -
Tabela 9 - Utilização dos pontos de recolha na escala do dia 15-10-12.....	- 32 -
Tabela 10 - Custos Operacionais praticados pela MGC Transportes.....	- 32 -
Tabela 11 - Custos Operacionais da Escala de 15-10-12 .....	- 33 -
Tabela 12 - Resultados da solução com alteração de contratos .....	- 35 -
Tabela 13 - Parametrização imposta a criação manual dos serviços de tripulante..	- 36 -
Tabela 14 - Resultados da solução de rendição no Porto para qualquer linha. ....	- 37 -
Tabela 15 - Utilização dos pontos de recolha pela solução II .....	- 38 -
Tabela 16 - Resultados dos Circuitos atualmente utilizados pela MGC.....	- 39 -
Tabela 17 - Resultados e poupança alcançada através da construção de novos circuitos .....	- 39 -
Tabela 18 - Comparação da escala do dia 15-10-12 com a escala baseada nos novos circuitos .....	- 40 -
Tabela 19 - Utilização dos pontos de recolha pela escala baseada nos novos circuitos e comparação com a escala de 15-10-12 .....	- 40 -
Tabela 20 - Resultados da Solução Andante I .....	- 42 -
Tabela 21 - Resultados da Solução Andante II .....	- 42 -
Tabela 22 - Resultados da Solução Andante III .....	- 42 -
Tabela 23 - Tabela resumo de todas as soluções analisadas e a poupança relativa ao ponto de partida.....	- 45 -
Tabela 24 - Resultados operacionais variáveis da solução praticável e comparação com a solução que lhe deu origem. ....	- 50 -

Tabela 25 - Comparação da melhor solução praticável com o plano atual relativamente aos circuitos da MGC com o plano vigente no início do estágio.....	- 51 -
Tabela 26 - Comparação entre a escala de 15-10-12 e a escala produzida com base nos circuitos da Rendição no Andante Praticável. ....	- 51 -
Tabela 27 - Utilização dos pontos de recolha na nova escala e comparação com a escala de 15-10-12.....	- 51 -

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROJETO**

O presente documento relata o projeto desenvolvido na empresa MGC Transportes com o tema “Racionalização do Planeamento Operacional”. Este projeto foi elaborado no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade de Aveiro.

Num momento caracterizado pelo baixo poder de compra dos consumidores e pela diminuta capacidade de investimento das empresas, a redução de custos fica ainda mais em foco, sendo este o enquadramento para o projeto desenvolvido na MGC Transportes.

O trabalho desenvolvido aborda o problema do planeamento operacional de transportes numa empresa privada de média dimensão, a MGC Transportes, cujas características tornam o desafio realmente proveitoso para a sua operação. O caráter variável do problema aliado a uma elevada variabilidade de oferta da empresa e ao contexto económico atual reforçam o interesse em procurar encontrar alternativas para a cobertura da oferta da empresa envolvendo menores custos operacionais.

### **1.2 RELEVÂNCIA DO TEMA**

As empresas transportadoras procuram, mais do que nunca, garantir a utilização eficiente de recursos como fonte de vantagem competitiva. O principal objetivo do projeto passa por, mantendo a mesma oferta, redesenhar com o auxílio de *software* especializado o serviço de viaturas e motoristas, na procura de soluções mais económicas do que as atuais.

O planeamento operacional do transporte coletivo é uma problemática complexa, na qual pequenas variações de oferta (viagens de serviço ao público), por exemplo, podem permitir grandes poupanças relativamente ao trabalho diário de viaturas e motoristas. Entende-se então a necessidade de “encurtar distâncias” entre a fase de estabelecimento dos horários a prestar ao público e a fase de avaliação dos custos operacionais que o cumprimento do serviço impõe. É fundamental para a

empresa prever os custos que decorrem da sua prática atual bem como propor situações alternativas, analisando o efeito de hipotéticas alterações, quer estas consistam em mudanças no planeamento, isto é, na redefinição da sequência de viagens a atribuir às viaturas e aos tripulante, ou em mudanças mais profundas, isto é, no próprio método de trabalho, variando parâmetros que dependem das restrições impostas ao problema.

### **1.3 ESTRUTURA DO DOCUMENTO**

A apresentação do trabalho desenvolvido estende-se pelos 4 capítulos restantes.

No Capítulo 2 faz-se o enquadramento bibliográfico da temática do Planeamento Operacional do Transporte Coletivo Urbano. Este é um tema relativamente pouco abordado na literatura, sendo que o que se pretende é transmitir alguns conceitos essenciais ao seu entendimento, explicar as atividades que o constituem e, ainda, fazer uma revisão à evolução do *software* existente para auxiliar a sua resolução.

O capítulo 3 inicia-se com uma breve apresentação da empresa onde decorreu o estágio. Descrevem-se as instalações e os recursos disponíveis relevantes para o planeamento operacional, bem como se analisa a prática atual da MGC Transportes, a sua oferta, a forma como planeia o seu cumprimento e a forma como passa do planeamento abstrato (circuitos) para o planeamento concreto (escala). Seguidamente, apresenta-se a metodologia adotada para alcançar os objetivos propostos descrevendo-se as suas diferentes fases.

No capítulo 4 apresentam-se e analisam-se os resultados decorrentes da aplicação da metodologia adotada. São aí apresentadas soluções para vários tipos de cenários, mais ou menos idênticos à prática atual da MGC.

Por último, no capítulo 5, são apresentadas as considerações finais decorrentes da experiência adquirida durante o projeto e também as perspetivas de futuros desenvolvimentos.

## **2. O PLANEAMENTO OPERACIONAL DO TRANSPORTE COLETIVO URBANO**

### **2.1 CUSTOS ENVOLVIDOS**

De acordo com Rodrigue et al. (2013), a urbanização tem sido um dos processos contemporâneos dominantes, já que uma crescente parte da população mundial vive e trabalha nas cidades. Tendo em conta esta tendência, o transporte urbano atinge grande relevância no sentido de garantir o suporte necessário às pessoas quanto às suas necessidades de deslocação. É uma área altamente complexa devido à grande variedade de origens e destinos e à quantidade e variedade de tráfego.

Atualmente, os sistemas de transporte encaram desafios para aumentar a sua capacidade e diminuir o custo dos seus movimentos. É frequente a necessidade de tomada de decisão das empresas sobre como transportar os seus passageiros ao longo da rede de transportes. Este processo é influenciado por um elevado número de fatores como a origem e o destino, as infraestruturas disponíveis, a tecnologia e, particularmente, as distâncias a percorrer. Estes fatores, agregados, definem os custos de transporte.

Os custos de transporte são estabelecidos como os valores monetários que o prestador do serviço de transporte tem de pagar para produzir esse mesmo serviço. Dividem-se em custos fixos, geralmente relacionados com as infraestruturas e a aquisição das viaturas, e variáveis, isto é, dependentes da operação da empresa. São geralmente condicionados por fatores geográficos, por barreiras administrativas e pelo custo da energia.

É comum no mundo do transporte de passageiros os custos serem superiores à receita da bilhética. As tarifas pagas pelos passageiros são geralmente fixas e complementadas por subsídios estatais à exploração.

O transporte regular de passageiros permite o alcance de benefícios sociais e ambientais, tornando-se assim crucial aumentar a sua eficiência de forma a garantir a sua sustentabilidade financeira, possibilitando a criação de um serviço ao público interessante para as empresas que o prestam e para os passageiros que usufruem dele. Algumas medidas de redução de custos podem ser a subcontratação, o congelamento de salários, o aumento das horas de trabalho, a utilização de trabalhadores em *part-time*, o encorajamento ao rejuvenescimento das equipas, a



cooperação com outras empresas para partilhar trabalhadores, viaturas e instalações, a eliminação de serviços com pouca adesão e a compra de viaturas com custos de manutenção mais baixos (Buehler et al., 2011).

Grande parte das medidas defendidas por Buehler et al. (2011) são duras para os trabalhadores e podem traduzir-se na transferência de uma má imagem da empresa para o exterior. Assim, sugere-se como prioritário explorar corretamente os recursos disponíveis, sendo aqui que o planeamento operacional de transporte toma maior relevância.

## 2.2 O PLANEAMENTO OPERACIONAL

Antes de iniciar propriamente a revisão bibliográfica sobre o tema, na tabela 1 introduzem-se alguns conceitos essenciais cujo entendimento beneficia a compreensão do leitor.

Tabela 1 - Listagem de conceitos essenciais ao planeamento operacional de transportes.

Nó	Ponto da rede de transportes com importância para o processo de planeamento. Exemplos destes são as estações de recolha, terminos, e paragens ao público embora nem todos os pontos pertencentes a estas categorias, especialmente as paragens, deem origem a nós (OPT, 2011).
Estação de recolha	Local onde é feito o estacionamento das viaturas da empresa quando estas não estão a ser utilizadas. Normalmente são locais pertencentes à empresa ou de residência dos motoristas.
Término	Local onde se inicia ou termina uma viagem.
Ponto de rendição	Local da rede onde é possível render tripulações, isto é, realizar trocas de motoristas.
Percurso	Conjunto ordenado de segmentos onde se realizam viagens.
Segmento	Parte de um percurso entre dois nós consecutivos.
Viagem	Definição do horário para um percurso, é composta por nó de início, tempo de início, nó de fim e tempo de fim.

Linha	Agrupamento de percursos que partilham, no mínimo, um segmento entre dois pontos da rede.
Bloco de Trabalho	Conjunto de viagens realizadas num dia de atividade por uma viatura ou por um tripulante sem interrupções.
Etapa	Conjunto de blocos de trabalho consecutivos realizados pelo mesmo tripulante separados por interrupções não passíveis de desconto.
Intervalo	Interrupção passível de desconto, isto é, cuja duração seja superior ao limite mínimo imposto pelo contrato entre a organização e o motorista.
Tempo de Suporte	Tempo em que o motorista se encontra parado e na realidade está a ser pago. Caso o total de intervalos do tripulante não ultrapasse o limite superior definido, é a soma de todas as interrupções não passíveis de desconto. Caso ultrapasse, corresponde ao tempo total de interrupções acima do limite.
Tempo em Vazio	Tempo em que as viaturas se encontram em deslocação não prestando serviço ao público.
Serviço de Viatura	Trabalho diário de uma viatura, engloba tanto as viagens comerciais como as viagens em vazio. Inicia-se e termina na mesma estação de recolha.
Serviço de Tripulante	Trabalho diário de um motorista obedecendo às regras impostas pela organização, pelos sindicatos e pela legislação. Inicia-se e termina numa estação de recolha que podem, ou não, ser diferentes.

O planeamento operacional aborda a questão fundamental de como desenhar o serviço e aproximá-lo das necessidades do cliente sabendo que, devido à grande competição apresentada pelos veículos próprios, este deve ser atrativo e desempenhado ao menor custo possível através de elevados níveis de eficiência (Ceder, 2007). Esta tarefa resulta num problema muito complexo, devido às grandes quantidades de informação envolvidas, às severas restrições a cumprir e ao facto de se tratar de um problema com objetivos múltiplos (Sousa, 1986).

É um tema inevitavelmente correlacionado com o impacto energético uma vez que a energia é, cada vez mais, um bem decisivo no desenvolvimento económico e

social. As empresas transportadoras procuram agora definir a sua utilização eficiente, e consequente diminuição de emissões de gases de efeito de estufa e poluidores locais, como um fator de diferenciação que lhes permite adquirir maior visibilidade e vantagem competitiva (AMP, 2011).

Na fase de planeamento define-se a oferta, são calculados os recursos necessários para a sua realização e, finalmente, estabelecidas as escalas de serviço a realizar (Dias, 2005). Entende-se por definição da oferta o estabelecimento de quais os percursos a realizar como serviço ao público e os respetivos horários. Os recursos dizem respeito aos serviços de viatura e tripulante necessários para cobrir a prestação de todo o serviço planeado.

Dias (2005) afirma que para atacar a complexidade do problema normalmente efetua-se uma divisão em várias fases. O número de fases e o âmbito de cada uma pode variar de organização para organização de acordo com a sua dimensão. Esta divisão é inevitável devido a razões operacionais, mas é também, de certa forma, artificial uma vez que existem diversas interações entre as fases.

Frequentemente o processo é decomposto em 4 sub-problemas: (1) Desenho da rede, (2) Definição da Oferta, (3) Planeamento dos serviços de viatura e (4) Planeamento dos serviços de tripulante. Exclui-se a produção de escalas, que apesar de discutível entre autores, é uma fase posterior ao planeamento onde se passa à atribuição dos serviços construídos às viaturas e tripulantes reais. Os *outputs* de umas atividades são *inputs* de outras, conforme pode ser observado na figura 1. Apesar disso, exceto o Desenho da Rede que deve ser efetuado pontualmente, é preferível que todas as atividades sejam desempenhadas em simultâneo para que se possa explorar ao máximo a capacidade do sistema e maximizar a eficiência e a produtividade (Ceder, 2007).

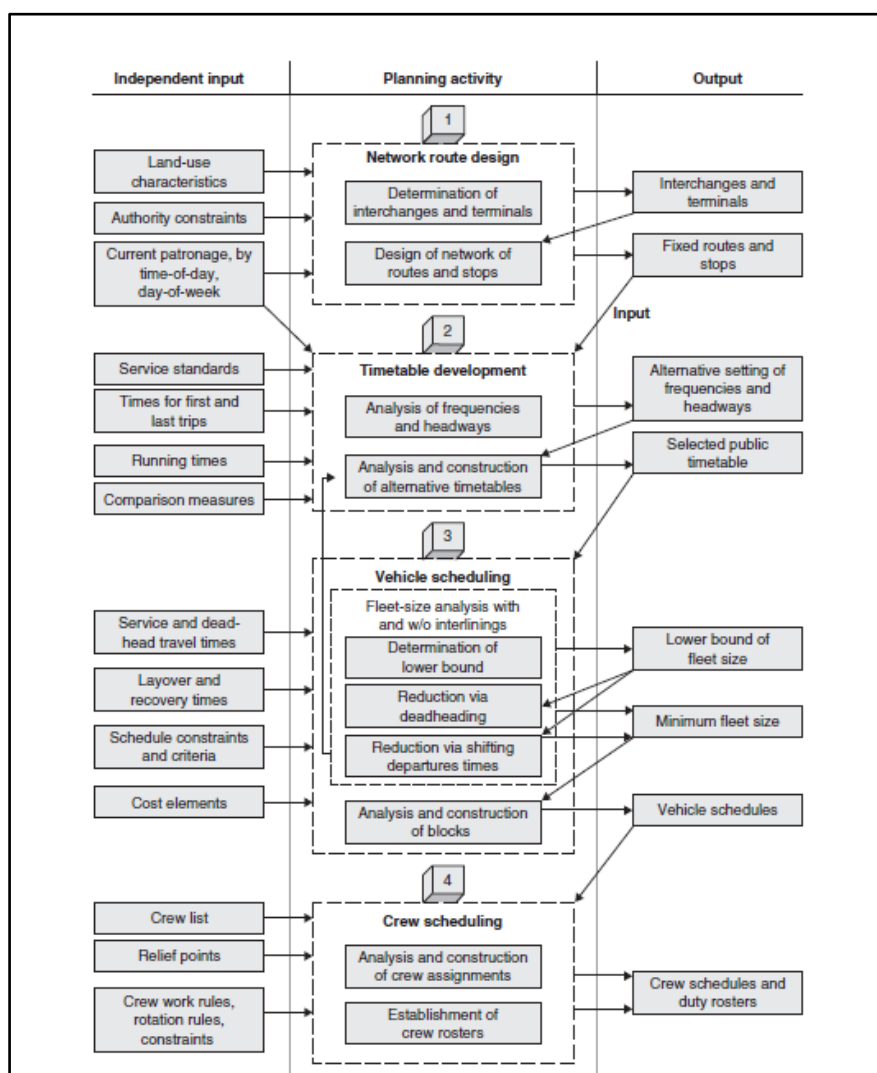


Figura 1 - Esquema representativo das várias fases do Planeamento Operacional de Transporte (Ceder, 2007).

Da figura 1 pode então entender-se o carácter interativo que Ceder (2007) defende. Partindo da definição da rede (1), os percursos e paragens resultantes condicionam a fase seguinte de trabalho em que se definem os horários (2). Por sua vez os horários definidos condicionam os serviços de viatura a realizar (3) e, posteriormente, estes condicionam ainda os serviços de tripulante a designar (4).

No âmbito dos objetivos a alcançar durante a realização do projeto será dado maior ênfase às fases 3 e 4 do planeamento operacional, ou seja, ao planeamento de recursos necessários uma vez que a oferta é razoavelmente constante. As fases 1 e 2 do planeamento servirão apenas de base ao problema em análise.

### **2.2.1 DEFINIÇÃO DA REDE**

A primeira fase de planeamento consiste na definição da rede, isto é, de quais os percursos a percorrer e sua respetiva caracterização que, engloba a definição do nó de origem e de destino bem como todas as paragens a realizar para entrada e saída de passageiros e ainda a frequência de realização do percurso.

Cada percurso consiste num conjunto ordenado de segmentos entre diferentes localizações onde se realizará o transporte de passageiros. Mediante os segmentos que cada percurso abrange, é definida a duração do percurso e posteriormente são definidas as linhas, que podem ser constituídas por um ou mais percursos que normalmente apresentam nós da rede em comum.

Para completar esta fase do planeamento operacional é necessário ainda definir os pontos de recolha das viaturas, onde estas devem iniciar e terminar o seu serviço diário.

Segundo Lousa (2012), para todo este processo é importante elaborar uma síntese de diagnóstico que permita ilustrar as potencialidades e debilidades da rede em estudo, bem como as suas especificidades territoriais e económico-sociais. É necessário ainda compreender a evolução da procura e dos padrões de mobilidade de modo a moldar a oferta às necessidades dos consumidores e assim tornar o serviço mais eficiente.

### **2.2.2 DEFINIÇÃO DOS HORÁRIOS**

Um horário é definido para cada linha separadamente, ou para um grupo de linhas que partilha alguns segmentos. O seu processo de formação baseia-se na definição das viagens para cada percurso de acordo com a frequência definida anteriormente. A informação recolhida na fase anterior é utilizada para determinar a duração das viagens entre os diferentes nós relevantes da oferta (Dias, 2005).

Muitas vezes, o objetivo da definição de horários é associado em demasia à minimização dos custos operacionais, porém, a sua contabilização não é uma tarefa nada acessível. Existem horários que ocupam uma viatura ou tripulante, horários que resultam num custo extra por ultrapassarem determinados limites e outros que não ocupam totalmente uma viatura ou tripulante. Nos dois últimos grupos, é complicado quantificar todos os custos associados e esse facto é ainda agravado por um elevado número de restrições a cumprir, normalmente definidas pela legislação, pelos acordos

estabelecidos com a empresa e pelos procedimentos internos da organização. Assim, a comunidade científica está perante um desafio considerável devido à sua elevada natureza combinatória e a sua resolução constitui um problema difícil (Ferreira, 2005).

### **2.2.3 DEFINIÇÃO DOS SERVIÇOS DE VIATURA**

O planeamento dos serviços de viatura visa determinar todas as viagens que devem ser cobertas por cada autocarro num determinado período de tempo ao menor custo possível (De Leone et al., 2011). Geralmente, o problema é abordado diariamente, já que é usual a oferta variar consoante o tipo de dia, isto é, dias úteis, sábados e domingos/feriados, e também de acordo com a época em vigência (época escolar ou época de verão).

Como já foi referido, todas as viaturas devem iniciar e terminar o seu serviço diário num ponto de recolha da rede e o cerne do problema consiste em encontrar a melhor sequência de viagens a realizar, comerciais e vazias, por forma a minimizar as distâncias percorridas em vazio uma vez que as distâncias comerciais são constantes.

### **2.2.4 DEFINIÇÃO DOS SERVIÇOS DE TRIPULANTE**

A principal ênfase nas abordagens analisadas centra-se no planeamento dos serviços de motoristas (turnos), conhecido como *Bus Driver Sheduling Problem* (BDSP). Este processo concentra os seus esforços na construção de turnos legais e realizáveis para os motoristas, ao menor custo possível, para cobrir toda a oferta da empresa. Muitos dos modelos matemáticos utilizados simplificam características do tipo de negócio e também da realidade. Assim, o objetivo primordial passa por criar suporte informático capaz de gerar soluções aceitáveis que mais tarde poderão ser alvo de ajustes manuais. As principais características de uma solução, nesta fase, são o grau de necessidade de intervenção manual, a simplicidade e a adaptabilidade (Mauri et al., 2004).

Para a construção de turnos legais e realizáveis, é necessário definir as restrições a cumprir de acordo com condições estabelecidas entre a empresa e o motorista. Este acordo entre a empresa e o motorista conta ainda com a influência do sindicato a que pertence o motorista e é nesta fase de negociação que ficam estabelecidos os tempos de intervalo, o método de contabilização de horas extra e de

serviço de agente único. O serviço de agente único ocorre sempre que o tripulante desempenha não só o papel de motorista mas também efetua cobrança aos passageiros.

### **2.2.5 ESCALONAMENTO**

Muitos autores incluem ainda o escalonamento, ou *rostering*, como a última fase do planeamento operacional. Até esta fase de trabalho, estão já definidos os serviços diários de viaturas e tripulantes, em abstrato. O escalonamento é responsável por associar viaturas e tripulantes reais aos serviços construídos previamente. Mediante os aspetos que caracterizam cada viatura da frota e cada tripulante dos quadros da empresa, procura-se nesta fase equilibrar a carga de trabalho de viaturas e tripulantes, ao menor custo.

## **2.3 O PLANEAMENTO OPERACIONAL EM EMPRESAS DE MÉDIA DIMENSÃO**

Em Portugal, grande parte das empresas de transporte coletivo de passageiros estão localizadas nas áreas metropolitanas do Porto e de Lisboa. No setor, existem empresas públicas, administradas por quadros definidos pelo governo, e empresas privadas. Espalhadas pelo resto do país existem empresas mais pequenas, algumas geridas pelos respetivos municípios. Para além do transporte urbano e suburbano, podem assegurar também transporte regional e serviços de aluguer.

É no planeamento operacional desenvolvido nestas empresas de menor dimensão que se centra a atenção deste projeto. Na grande maioria dos casos, o planeamento operacional é desenvolvido “manualmente”, baseado exclusivamente na experiência adquirida pelos planeadores ao longo do tempo e suportado por folhas de cálculo. A informação acerca da rede encontra-se frequentemente desatualizada. Para contornar este problema, as empresas têm gradualmente aderido a sistemas de apoio à decisão que auxiliam o planeamento das diferentes atividades.

De acordo com Dias (2005), as empresas de média dimensão constituem um caso complicado, uma vez que o problema é muito grande para ser gerido manualmente e muito pequeno para justificar a divisão em sub-problemas. Assim, a construção dos serviços de viatura e tripulante é tratada ao mesmo tempo e a rede abordada como um todo. Desta forma, as empresas alcançam proveitos marginais

enquanto garantem o cumprimento de regras e procedimentos, mas, por outro lado, torna-se difícil lidar com a informação.

O maior desafio consiste então na capacidade de redesenhar simultaneamente todo o processo.

## **2.4 SOFTWARE DE SUPORTE AO PLANEAMENTO OPERACIONAL**

Hoje em dia, existe uma grande variedade de sistemas e algoritmos que produzem serviços de tripulante. Estes podem variar entre heurísticas que simulam o processo manual e modelos de programação matemática mais sofisticados.

Os especialistas garantem que o *BDSP* beneficia sempre com a interação humana, uma vez que mesmo a aplicação das mais avançadas técnicas computacionais necessitam de pequenos ajustes e melhorias manuais, até porque é altamente complicado traduzir a experiência acumulada dos planeadores para uma aplicação informática.

Ainda assim, o apoio informático ao planeamento operacional de transportes constitui uma poderosa e fundamental ferramenta para as empresas, uma vez que com o seu auxílio os planeadores são capazes de gerar melhores serviços, avaliar consequências de determinadas modificações e testar alternativas.

Dias (2005) afirma que o primeiro sistema de suporte à decisão para o planeamento operacional de transportes foi desenvolvido na década de 70. Desde esses dias, deu-se uma grande evolução na tecnologia computacional e assim os mais evoluídos sistemas incluem já uma grande variedade de sofisticadas especificações. Estes sistemas geralmente integram uma base de dados, interfaces gráficas e um conjunto de ferramentas para o planeamento de viaturas e tripulantes. Devem ainda ser sistemas capazes de gerar estatísticas e relatórios pertinentes para avaliação das soluções encontradas, bem como disponibilizar elevada facilidade de importação e exportação de dados.

Em Portugal, destaca-se a atividade da empresa OPT – Otimização e Planeamento e Transportes no desenvolvimento deste tipo de *software*. As maiores empresas transportadoras do país, entre as quais a SCTP e a CARRIS, utilizam o GIST – Gestão Integrada de Sistemas de Transporte, desenvolvido pela OPT.

De acordo com a experiência de António (2008), o carácter do GIST passa, essencialmente, pelo seu elevado nível de interatividade com o utilizador, pelas facilidades de parametrização, pela automatização de processos de planeamento e



pela gestão integrada de dados que, em qualquer momento, proporciona à gestão da empresa e ao público informação consistente e atualizada. A normalização dos dados é uma característica distintiva do sistema que permite uniformizar toda a informação acerca de percursos, linhas e horários.

António (2008) escreve que o GIST é um sistema que contém um pacote de diversos módulos capazes de gerir toda a informação relativa à rede e permite ainda gerar os serviços ótimos para as viaturas e tripulantes através de heurísticas e processos algorítmicos de otimização.

O *software* utilizado durante a realização deste projeto, o *GISTLight*, surge como resultado de mais de 20 anos de experiência com o sistema *GIST*. A OPT concentrou grande parte do seu potencial inovador na investigação e desenvolvimento desta ferramenta, capaz de servir um vasto leque de operadores de transporte público coletivo, nomeadamente os de pequena e média dimensão.

Ao longo do presente documento, serão apresentadas com maior detalhe as diversas funcionalidades do *GISTLight* utilizadas na procura de melhores alternativas para rentabilizar os recursos na satisfação da oferta.

### **3. O PLANEAMENTO OPERACIONAL NA MGC TRANSPORTES**

#### **3.1 A MGC TRANSPORTES**

O Grupo MGC – Transportes, sediado em Avintes, nasceu em Julho de 2008 com o início da exploração conjunta de três empresas fundadas no início do século XX: “Moreira, Gomes & Costas”, “Auto Viação Sandinense” e “Oliveira Fernandes & Ribeiro”.

“O Grupo MGC Transportes tem como missão oferecer um serviço de transporte com sofisticação, conforto e eficiência, apostando numa melhoria qualitativa e modernização contínua da sua oferta” (MGC Transportes, 2010).

##### **3.1.1 A OFERTA**

O serviço prestado pelo grupo pode dividir-se em três áreas distintas:

1. Transporte regular de passageiros, essencialmente em deslocações interconcelhias entre Santa Maria da Feira, Vila Nova de Gaia e Porto e nas freguesias do concelho de Vila Nova de Gaia: Lever, Crestuma, Sandim, Avintes, Pedroso, Vilar de Andorinho, Oliveira do Douro e Olival;
2. Serviço ocasional de aluguer de autocarros em Portugal continental e noutros países da Europa;
3. Serviços regulares especializados contratados por outras entidades que suprimem necessidades regulares de transporte.

Explorando um pouco mais o grosso da oferta, o transporte regular de passageiros divide-se em quatro agrupamentos, de acordo com o eixo que faz ligação à Avenida da República e que, posteriormente, faz ligação ao término no Porto:

- Rua Conceição Fernandes – Existem 7 linhas de oferta neste eixo sendo que os pontos mais importantes são Vila d’Este, onde há maior afluência de passageiros, e o Hospital Santos Silva, onde se cruzam as várias linhas.
- Rua de Raimundo de Carvalho – Este eixo é partilhado por cerca de 9 linhas que constituem quase toda a oferta disponível a Avintes, sendo que os pontos mais relevantes são o Largo do Palheiro, com elevada afluência de passageiros, e o Cruzeiro, onde se juntam as várias linhas e a partir do qual partilham o mesmo percurso.

- Estrada Nacional Nº222 – Este eixo visa a satisfação das necessidades de passageiros de zonas mais periféricas da rede como Canedo e Lomba, mas também Lever e Crestuma. Em Seixo Alvo e Aldeia Nova, cruzam-se grande parte destas linhas podendo ou não haver transferência de passageiros.
- Estrada Nacional Nº1 – Visa a satisfação de zonas mais periféricas como Louredo, Várzea e Mota, mas também Sandim e Carvalhos. O ponto da rede Camalhães, localizado na estrada Nacional Nº1 a sul dos Carvalhos, apresenta elevada importância uma vez que aí se juntam várias linhas provenientes de Louredo, Sandim e Carvalhos.

Na figura 2, faz-se representação geográfica de toda a rede, dos eixos da oferta descritos e dos seus nós mais importantes.

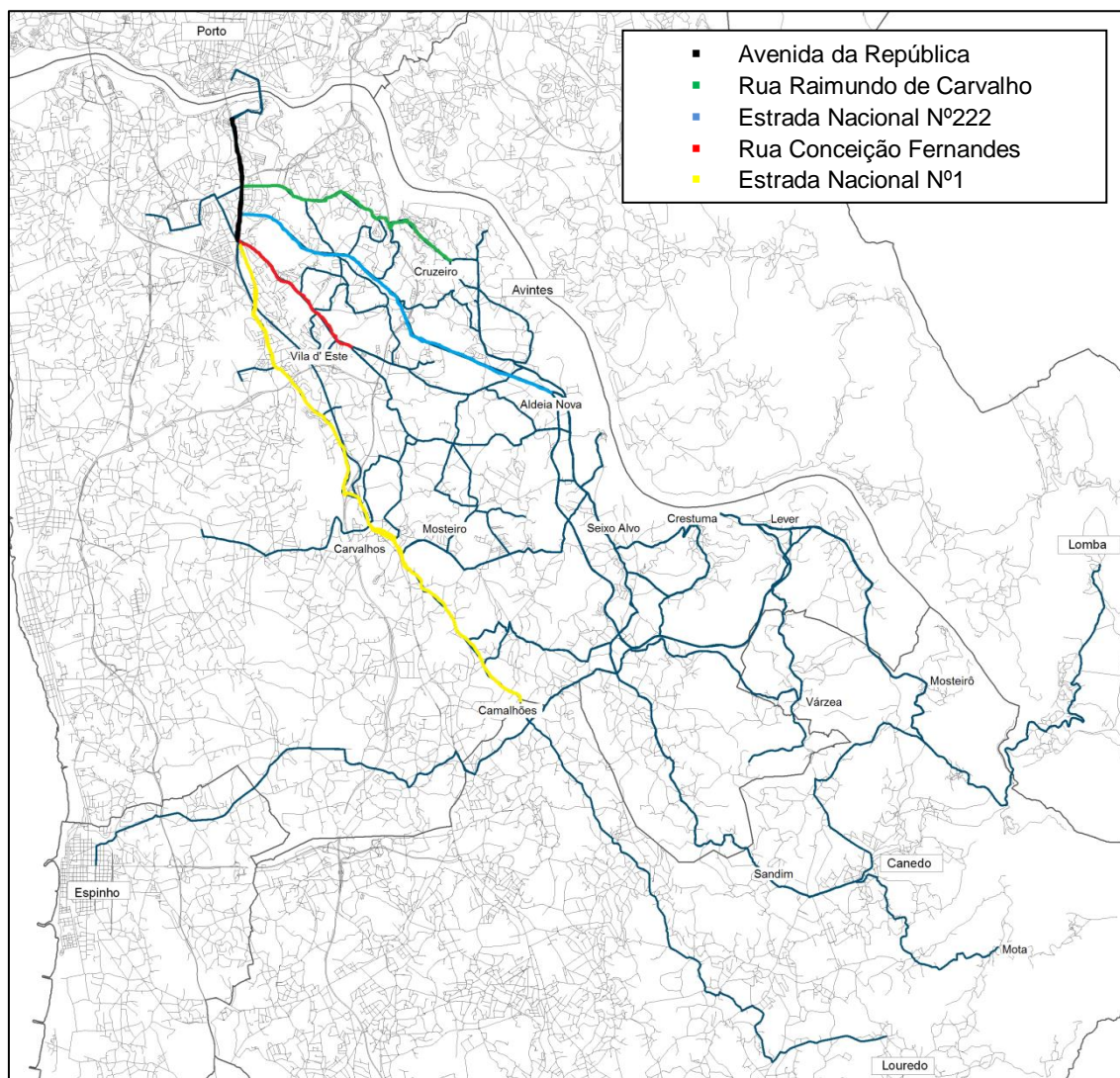


Figura 2 - Representação na Rede dos Eixos da Oferta e respetivos nós relevantes.

### 3.1.2 DADOS HISTÓRICOS DA OPERAÇÃO

Para que fique uma ideia da operação da empresa mostram-se nas figuras 3 e 4 os dados recolhidos desde 2010 a partir do sistema de gestão da informação que a MGC Transportes possui:

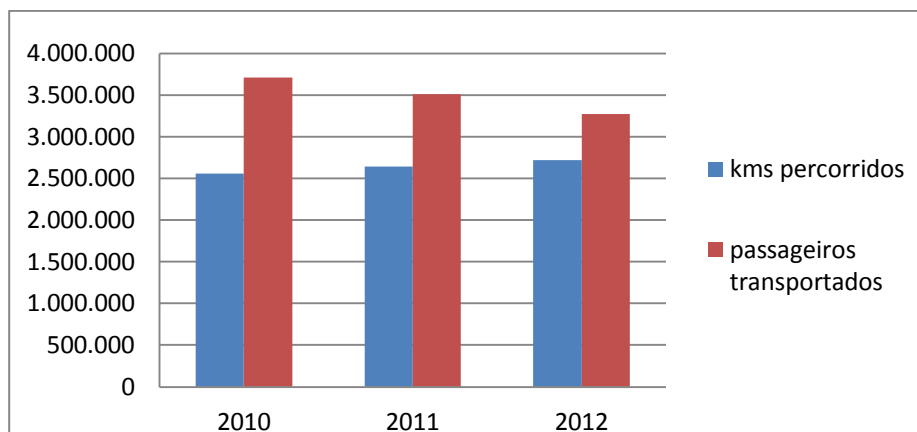


Figura 3 - Evolução da atividade do Transporte Regular de Passageiros

A figura 3 demonstra o contexto atual em que se insere a MGC Transportes, cuja oferta tem vindo a aumentar e a respetiva procura a diminuir. Este fenómeno acontece devido aos entraves sociais que se evidenciam no momento atual do país, nomeadamente, os elevados níveis de desemprego e a falta de poder de compra que, consequentemente, tornam as necessidades de deslocação das pessoas menores.

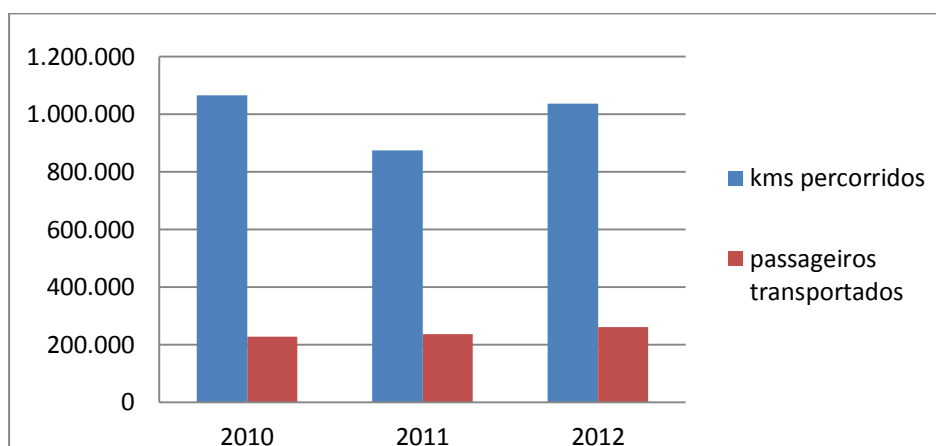


Figura 4 - Evolução da atividade do Aluguer

### 3.1.3 PESSOAL E INFRAESTRUTURAS

Na sua sede em Avintes, a empresa possui uma oficina com 10 funcionários, dedicados a responder a todo o serviço de reparação e manutenção das viaturas, e ainda um responsável pelo armazém. A sede inclui um posto próprio de abastecimento de combustíveis, um posto de abastecimento ao público e um posto automático de lavagem. Existe também um posto próprio de abastecimento e um ponto de abastecimento ao público em Sandim onde, tal como na sede e na estação do Porto, são publicadas as escalas de serviço para os motoristas e é possível aparcas as viaturas. Os três pontos em conjunto reúnem uma capacidade de estacionamento de aproximadamente 80 viaturas. Todo o trabalho administrativo, contabilístico e de suporte à operação da empresa é realizado na sede em Avintes, onde se conta, para este efeito, com o contributo de 19 funcionários.

Quanto ao atendimento ao público e à prestação de contas dos motoristas, existem dois postos, um na sede em Avintes e outro na estação do Porto.

Nas figuras 5, 6 e 7 apresentam-se os três pontos de recolha da empresa.



Figura 5 - Sede da MGC Transportes em Avintes



Figura 6 - Ponto de Recolha, em Tourão (Sandim)



Figura 7 - Parque das Camélias, no Porto

### 3.2 ABORDAGEM ATUAL AO PROBLEMA NA MGC TRANSPORTES

Na MGC Transportes, tal como na maioria das empresas da mesma categoria, o planeamento operacional é desenvolvido por poucos elementos no departamento de operações. Neste caso, participam diretamente nesta atividade a diretora de exploração e o gestor de tráfego.

Na figura 8, apresenta-se o desenho da estrutura de dados na qual assenta o planeamento operacional da MGC através de um diagrama de classes: as diversas entidades que estão presentes no planeamento operacional, de acordo com a nomenclatura utilizada no *software* de suporte, e as relações entre elas, seguindo o que se pratica na empresa.

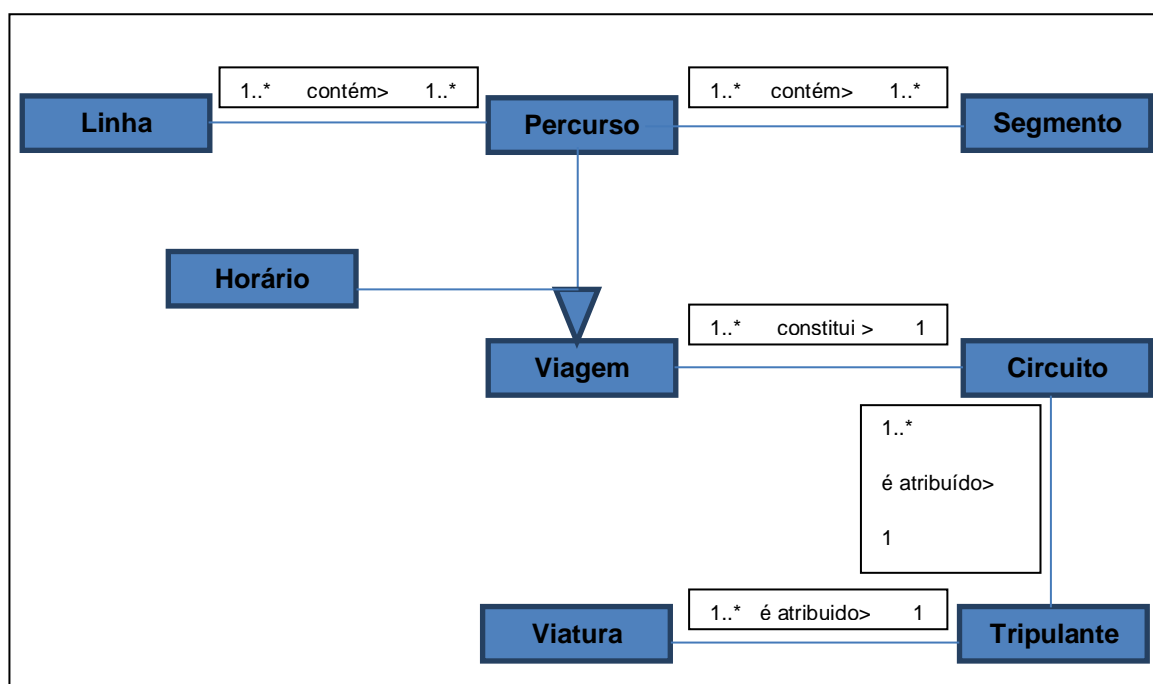


Figura 8 - Diagrama de Classes do Planeamento Operacional da MGC Transportes

Simplificando para linguagem comum, o que acontece é que um percurso contém um ou mais segmentos e está contido em uma ou mais linhas. Quando a um percurso se associa um horário de passagem nos vários pontos dos segmentos, tem-se uma viagem, normalmente caracterizada apenas por nó de origem, nó de destino, hora de início, hora de fim e linha a que pertence.

Entende-se por circuito, a sequência de viagens diária que está planeada para atribuir a um e um só tripulante. A sua construção é da responsabilidade da diretora de exploração, que tem em conta o conhecimento da rede, dos motoristas e do ponto de

recolha que utilizam (muitas vezes, a sua própria residência), das características da operação (procuram separar-se os horários mais frequentes dos menos frequentes) e das características dos percursos (podem ou não privilegiar a utilização de determinadas viaturas).

Os circuitos cobrem todas as viagens da oferta de transporte regular. A oferta assenta sobre a rede que teve origem no serviço prestado pelas três empresas que formaram a MGC Transportes. É uma rede estável, ditada pelas obrigações que a empresa tem com as entidades reguladoras e pelo peso histórico que certas carreiras adquiriram ao longo dos anos. No entanto, as necessidades de deslocação das pessoas variam ao longo do tempo e, assim, a empresa pode determinar a frequência com que se realiza cada percurso através da revisão da sua oferta. O objetivo primordial consiste em conseguir apresentar o mesmo nível de serviço utilizando menos recursos.

A revisão da oferta é executada num processo sequencial, pontualmente, pela diretora de exploração que avalia a rentabilidade de cada viagem, isto é, se as receitas cobrem os custos de realização de um determinado horário. Se não cobrirem, analisa também o circuito em que a viagem se insere e procura perceber se a viagem em análise deve continuar a ser feita em serviço comercial ou se é compensatório realizar a viagem em vazio. Numa última fase de análise, averigua se há utilizadores regulares dessa viagem e, caso existam, verifica se é possível satisfazer a sua necessidade de deslocação noutras linhas mais rentáveis que partilham o percurso desejado.

Ao gestor de tráfego compete a execução do escalonamento, isto é, atribuir viaturas e motoristas reais aos circuitos. Porém, importa salientar que os circuitos englobam apenas as viagens de transporte regular de passageiros, existindo ainda, geralmente, viagens de serviço regular especializado e de aluguer comercial para serem cobertas. Nesse sentido, o gestor de tráfego “joga” com os circuitos, isto é, por vezes os circuitos não são inteiramente atribuídos a um só motorista mas sim divididos por dois ou mais para que seja possível cobrir também essas viagens.



## 3.3 O PROJETO

### 3.3.1 DADOS DE PARTIDA

#### 3.3.1.1 DESENHO DA REDE E DAS LINHAS

Na figura 9, é apresentada toda a rede da MGC Transportes para o transporte regular de passageiros, isto é, apresentam-se os nós mais importantes e a distribuição das linhas entre eles.

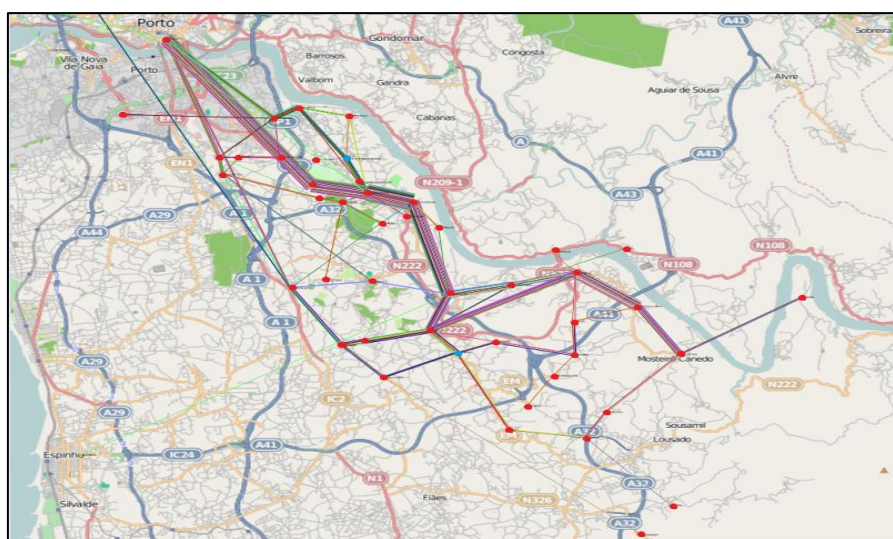


Figura 9 - Rede da MGC Transportes para o Transporte Regular obtido no *GISTLight*

No total, são apresentados 48 nós. A azul, estão sinalizadas as duas estações de recolha, Avintes Palheirinho e Tourão, que funcionam também como ponto de passagem, e todos os outros terminos estão sinalizados a vermelho. Os segmentos coloridos entre os nós dizem respeito às linhas existentes, sendo que nas zonas em que se verifica uma maior “espessura” significa que são nós partilhados por várias linhas, não significando que o percurso seja exatamente o mesmo, uma vez que não são importados dados de todas as paragens. Todos os nós apresentados são resultado da importação desenvolvida pelo autor para o *GISTLight*.

Toda a restante atividade relacionada com o serviço regular especializado é distribuído por 12 nós, sendo que Afonsim, Aldeia Nova e Porto são partilhados com o transporte regular e os restantes foram inseridos manualmente no *software* após aprendizagem, junto do gestor de tráfego, de como funciona a atividade da empresa nesta área da oferta.



### 3.3.1.2 VIAGENS PLANEADAS

São alvo de planeamento neste projeto, no total, 654 viagens comerciais, das quais 22 pertencem ao serviço regular especializado e 240 ao serviço de Andante (ver figura 10). Como foi referido, estas viagens estão distribuídas por 61 linhas, das quais 6 estão dedicadas ao sistema de Andante, e existe mais uma linha, criada manualmente pelo autor, denominada “ALUGUER” para o serviço regular especializado realizado no dia de escala a ser replicado no *GISTLight* para posterior comparação. A separação das linhas de Andante foi uma opção justificada pela necessidade das viaturas que realizam essas viagens conterem o sistema de validação do título de transporte multimodal, utilizado na Área Metropolitana do Porto, o Andante.

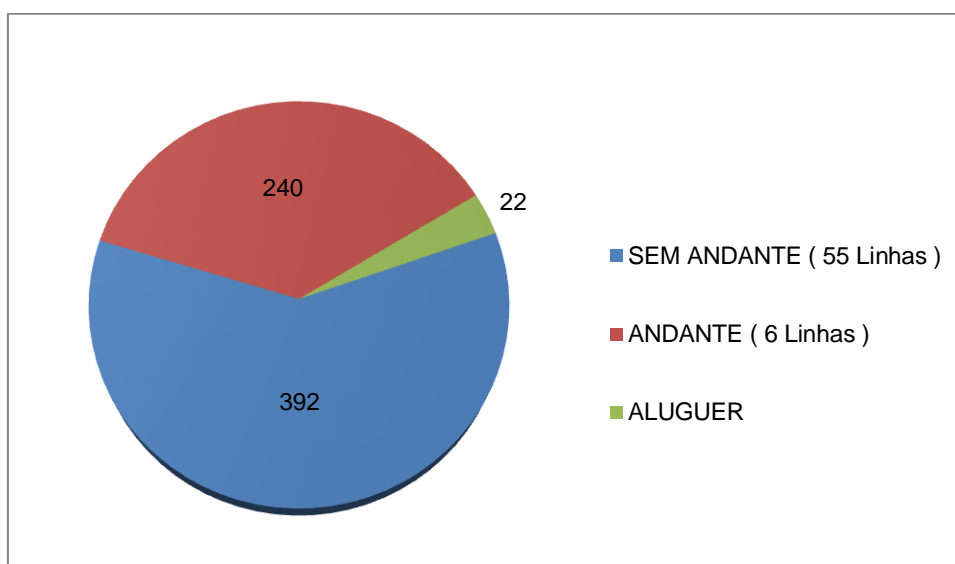


Figura 10 - Viagens da oferta analisada no projeto

### 3.3.1.3 TIPOS DE VIATURAS

A frota da MGC Transportes é composta por 85 viaturas, mas para o tipo de oferta considerado excluem-se as 5 viaturas dedicadas a turismo. As 80 viaturas restantes foram repartidas de acordo com os serviços que podem realizar, o seu tamanho e o seu consumo. Os consumos médios apresentados na tabela 2 são relativos a toda a atividade do ano 2012.

Tabela 2 - Frota da MGC dedicada ao Transporte Regular e ao Serviço Especializado

Tipo de Viatura	Nr. Viaturas Existentes	Consumo Médio (L/100km)
Mini	5	16,15
Urbanas c/ Andante	28	44,66
Urbanas s/ Andante	8	46,50
Inter-Urbano c/ Andante	2	49,70
Inter-Urbano s/ Andante	35	43,18
Articulado	2	68,59

### 3.3.1.4 TIPOS DE TRIPULANTE

No âmbito da afetação de motoristas é necessário ter em conta o acordo que estes têm estabelecido com a empresa que define os parâmetros relevantes para o projeto referidos anteriormente, e ainda os custos relacionados com agente único. Na tabela 3 discriminam-se os contratos existentes e a disponibilidade de cada um deles.

Tabela 3 - Disponibilidade dos contratos dos motoristas existentes e respetivos parâmetros

Tempo Total de Intervalos	Tempo Mínimo por Intervalo	Motoristas Disponíveis	Contratos
3h	15min	44	SNM 3h
3h	30min	24	SS 3h STRUN 3h
5h	30min	11	SS 5h SNM 5h

As siglas presentes na última coluna referem-se a:

SNM – Sindicato Nacional de Motoristas

STRUN – Sindicato dos Trabalhadores de Transporte Rodoviário e Urbano

SS – Sem Sindicato

### 3.3.1 OBJETIVOS A ATINGIR

O desafio consiste, fundamentalmente, em responder à oferta atual com os recursos disponíveis mas envolvendo menos custos operacionais através do auxílio do software *GISTLight*.

Sendo o *GISTLight* um sistema de apoio ao planeamento operacional de transportes, são considerados como objeto de estudo as viagens de transporte regular de passageiros e de serviço regular especializado, ou seja, são excluídas as viagens de aluguer ocasional porque muitas vezes é um tipo de serviço cujo “tempo de entrega” é menor que um dia, o que torna impossível desenvolver todo o planeamento

desde a definição de serviço de viatura até ao escalonamento, e ainda afixação de escala.

A primeira fase do projeto consiste em recolher os dados das viagens, quer comerciais quer vazias, mediante a oferta que se pretende analisar já que esta varia de acordo com a época e com o tipo de dia. O foco incide na oferta que se pratica durante a época escolar em todos os dias úteis, ou seja, foi escolhida a oferta que se verifica mais vezes ao longo do ano. Após a recolha de dados, é necessário transformar esses dados como entrada do *GISTLight*, onde estes se apresentam normalizados e organizados para construir serviços de viatura e de tripulante mais rentáveis para a organização.

A segunda fase do projeto é a replicação de uma escala utilizada pela MGC no *GISTLight*, ou seja, construir, com as viagens inseridas no software após a recolha de dados, os serviços de viatura e de tripulante utilizados pelo gestor de tráfego numa determinada data pertencente à época e ao tipo de dia que se está trabalhar. Esta solução funcionará como comparação durante todo o projeto.

Seguidamente, é necessário criar uma forma de exportar as soluções desenhadas no *GISTLight* para que se possam realizar os cálculos dos custos operacionais, quer para a utilização dos motoristas quer para a utilização das viaturas. Para calcular os custos de utilização dos motoristas, é necessário compreender os contratos de trabalho existentes na empresa, que definem parâmetros importantes como a duração mínima de intervalo e o tempo máximo de intervalos.

A partir daqui, é um desafio experimental de tentativa e erro fazendo variar a parametrização do problema. Com este processo iterativo, pretende-se encontrar melhores soluções, utilizando o método atual de trabalho da empresa, e verificar o que acontece com outros métodos alternativos. O objetivo passa também por perceber, e dar a conhecer, o efeito que a variação de certos parâmetros no método de trabalho da empresa pode representar em termos líquidos para a MGC Transportes. As variações procuram estar o mais próximo da realidade possível, isto é, da criação de soluções com serviços de viatura e de tripulante realizáveis.

Durante todo o projeto, é ainda importante reunir uma série de eventuais alterações ao *software* que possam melhorar a sua adaptação a este tipo de empresa e ao planeador.

### 3.4 METODOLOGIA

Apresentam-se aqui as fases mais relevantes de trabalho a desenvolver para alcançar os objetivos propostos (ver figura 11).

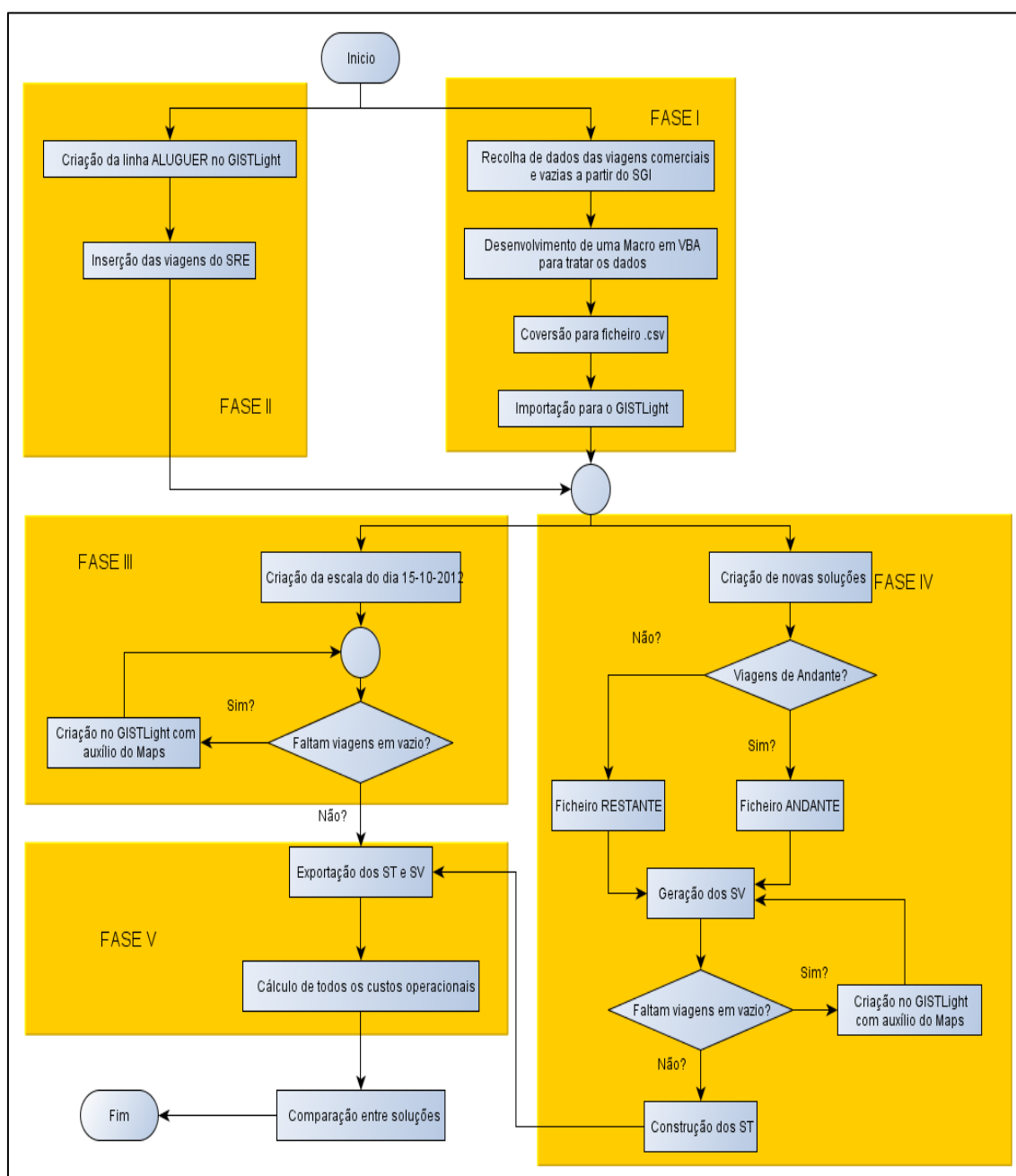


Figura 11 - Fluxograma da metodologia desenvolvida.

As siglas presentes no fluxograma referem-se a:

ST – Serviço de Tripulante

SV – Serviço de Viatura

## FASE I: LEVANTAMENTO E TRATAMENTO DE DADOS

A primeira fase caracteriza-se pelo trabalho de recolha dos dados de todas as viagens e, depois, pelo tratamento desses dados para que os mesmos possam ser importados para o *GISTLight*. Para extrair os dados do sistema de gestão de informação da empresa, o *Microsoft Dynamics Nav*, recorre-se a um *report* de todos os horários e seus segmentos para uma folha de cálculo. Sendo este um ficheiro muito extenso, de seguida, para evitar a criação manual de todos os percursos e respetivos horários, desenvolve-se um compilador de dados através de uma *Macro* em linguagem *Visual Basic*, cujo código se encontra no anexo D, para reunir apenas as viagens comerciais praticadas nos dias úteis em época escolar. O resultado foi um ficheiro .csv com o seguinte formato:

[nrLinha][Y se vazio, N se comercial][G se Ascendente, R se Descendente]
Nó;HoraPartida
Nó;HoraPassagem
.
.
Nó;HoraChegada

Figura 12 - Formato admitido pelo *GISTLight* para input de viagens

## FASE II: CRIAÇÃO DA LINHA “ALUGUER”

O serviço regular especializado, como o próprio nome indica, é constante para cada dia da semana mediante o contrato que a empresa estabeleceu com as entidades consumidoras desse tipo de serviço de transporte e, portanto, é possível realizar o seu planeamento. Nesse sentido, são criados manualmente no *GISTLight* os nós exclusivos deste tipo de serviço e estabelecidos os seus percursos, durações e horários de acordo com o que está planeado pela MGC Transportes.

## FASE III: REPLICAÇÃO DE UMA ESCALA NO SOFTWARE

Após a conclusão das duas fases precedentes, inicia-se o planeamento real com o suporte do *software*, com replicação de uma escala praticada pela MGC. O que se faz é recorrer à última escala definida para o tipo de oferta que se pretende estudar,

dia útil em época escolar, tendo sido selecionada a escala do dia 15-10-2012, da qual são retiradas todas as viagens comerciais por serviço de viatura e depois por serviço de tripulante. As viagens em vazio são associadas às viaturas após este processo de acordo com o ponto de recolha utilizado, mediante o motorista que realizou cada serviço e a necessidade que a sequência de viagens comerciais impõe.

#### **FASE IV: CÁLCULO DE CUSTOS OPERACIONAIS**

Esta fase é levada a cabo sempre que se termina o planeamento operacional de uma solução. O cálculo varia dependendo do que se pretende avaliar, circuitos ou escalas. A distinção entre os dois destaca-se pela diferença de contabilização de distâncias percorridas, uma vez que, quando se avaliam circuitos não se conhece ainda o motorista em concreto que vai realizar o serviço e, assim, não são incluídos os dados da primeira viagem em vazio e da última.

Para lá desta diferença, o processo é idêntico para as duas avaliações, sendo contabilizados todos os custos operacionais relacionados com as seguintes variáveis: número de viaturas e de motoristas utilizados, horas extra e os custos com o incumprimento do horário de refeição. O cálculo do custo com o tempo de agente único praticado requer o conhecimento do contrato e, assim, também só pode ser determinado caso se esteja a avaliar uma escala.

Para calcular os custos relacionados com o motorista, foi necessário reconhecer as diferenças entre os acordos estabelecidos com a empresa, com recurso ao *Microsoft Dynamics Nav* para listar todos os recursos disponíveis. Estes acordos têm uma influência considerável em vários parâmetros considerados na resolução do problema.

#### **FASE V: CRIAÇÃO DE NOVAS SOLUÇÕES**

Esta é a fase de maior relevo em toda a metodologia. É um trabalho com cariz experimental que beneficia da rapidez entre fazer o planeamento operacional e calcular os respetivos custos, já que possibilita um maior número de alterações e comparações.

O processo consiste em fazer variar os parâmetros: pontos de recolha a utilizar, pontos de rendição e tipo de contrato associado a cada serviço de tripulante criado. Seguidamente, comparam-se as soluções com o ponto de partida, no sentido

de encontrar os procedimentos mais proveitosos que possam ser aplicados à realidade da empresa.

#### **FASE VI: EVENTUAIS MELHORIAS AO SOFTWARE**

Durante todo o processo são registadas propostas de melhorias ao software mediante a experiencia adquirida na utilização e interação com o *GISTLight*. Essas melhorias visam facilitar o trabalho do planeador e adaptar as potencialidades do *software* à realidade do serviço que este tipo de empresa pratica.

## 4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

### 4.1 LEVANTAMENTO E TRATAMENTO DE DADOS

Na figura 13, apresenta-se um esquema demonstrativo do trabalho desenvolvido no sentido de obter os dados das viagens normalizados no *software*.

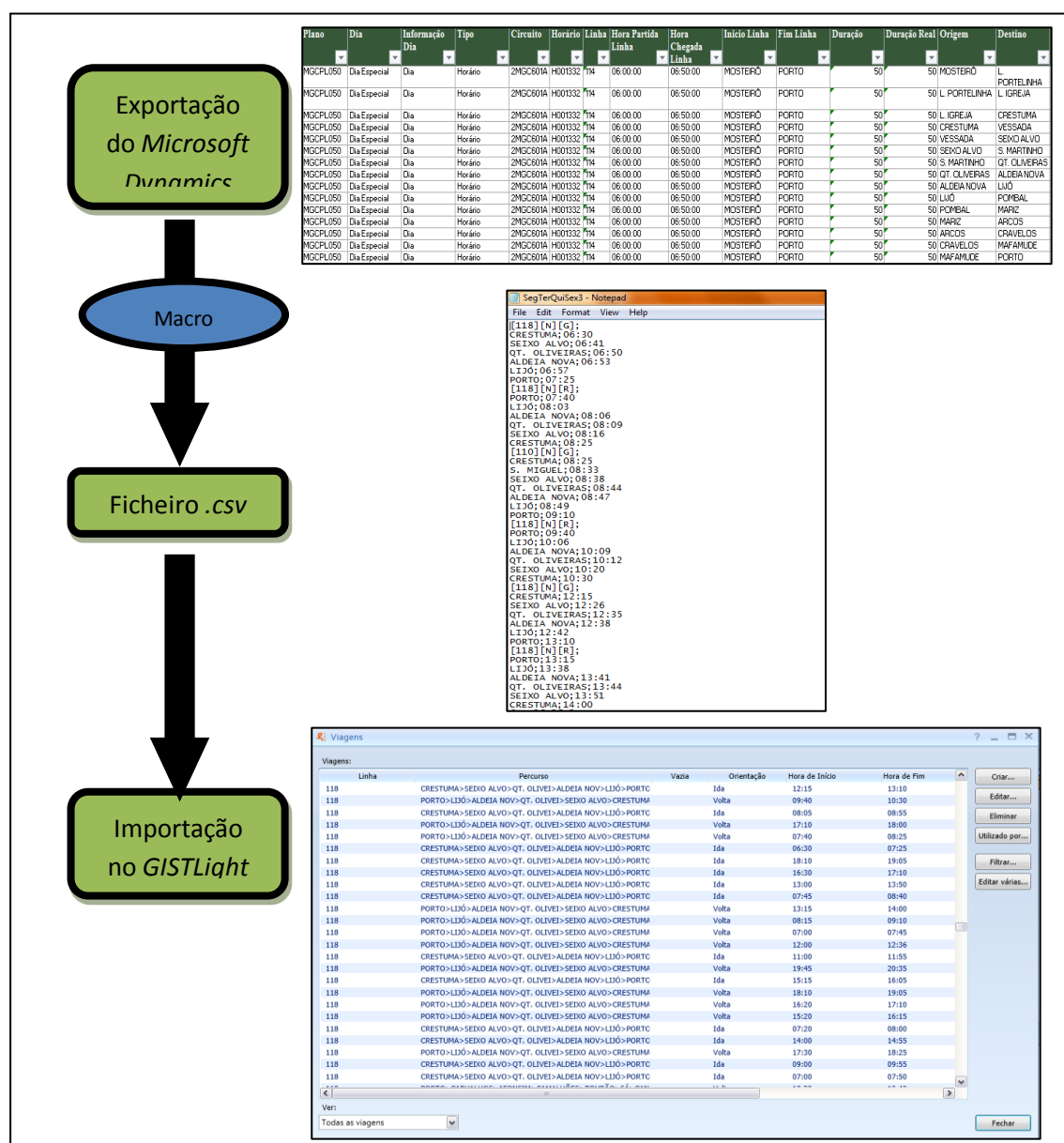


Figura 13 - Esquema demonstrativo da recolha e tratamento de dados

A exportação do sistema de gestão da informação da MGC cria um *report* num ficheiro *Excel* onde foram trabalhadas as horas de passagem em todos os pontos da



rede, de acordo com as distâncias armazenadas e a velocidade média do percurso, para que, após a execução da Macro, fossem guardados apenas os tempos de passagem em pontos da rede que poderão futuramente constituir pontos de rendição. São eles todos os terminos e pontos de recolha da rede. O código VBA, presente no anexo D, evidencia a designação de todos esses nós. Visto que o *GISTLight*, através da importação de dados das viagens, cria automaticamente os nós, o processo foi desenvolvido desta forma para que não se sobrecarregasse o *software* com pontos da rede nos quais não é possível alterar nada.

Importa salientar que quando se procura gerar novas soluções ficheiros no *GISTLight*, o problema é dividido em dois. Armazenam-se no primeiro ficheiro somente as viagens pertencentes às linhas de Andante, e no segundo as restantes viagens comerciais e todas aquelas criadas na linha “ALUGUER” referentes à oferta do serviço regular especializado.

## 4.2 CRIAÇÃO DA LINHA “ALUGUER”

O processo de criação torna-se simples após a compreensão do funcionamento de cada viagem deste tipo de serviço. O processo iniciou-se pela criação dos 9 nós não partilhados pelo transporte regular de passageiros. De seguida, criam-se os percursos no software com a respetiva distância e duração, e posteriormente, dando ao programa a hora de partida do nó de origem, ele calcula automaticamente a hora de chegada ao destino. Se for um serviço de ida e volta, acontece o mesmo para a viagem de regresso.

Por exemplo, o serviço prestado à refinaria da Galp em Matosinhos está definido entre as 4:45 e as 7:05 com partida da Conforama em Gaia. Sabendo que o percurso entre os dois nós demora 45 minutos, criam-se as viagens apresentadas na tabela 4.

Tabela 4 - Exemplo da criação de viagens para o Serviço Regular Especializado

Linha	Nó de Origem	Hora de Partida	Nó de Destino	Hora de Chegada
ALUGUER	Conforama	4:45	Galp	5:30
	Galp	6:20	Conforama	7:05

O tempo de intervalo existente entre as viagens neste tipo de serviço não pode nunca ser descontado. Na figura 14, apresentam-se as 22 viagens criadas para representar este tipo de serviço.

Viagens					
Viagens:					
Linha	Percurso	Vazia	Orientação	Hora de Início	Hora de Fim
ALUGUER	CONFORAMA>GALP		Ida	04:45	05:30
ALUGUER	GALP>CONFORAMA		Volta	06:20	07:05
ALUGUER	PORTO>ALDEIA NOV		Ida	07:26	07:42
ALUGUER	PORTO>PORTO		Circular	07:30	09:00
ALUGUER	SEIXO ALVO>ESPINHO		Ida	07:30	08:15
ALUGUER	BURGOS>C.FRANCES		Ida	07:40	08:30
ALUGUER	BOAVISTA>ALDEIA NOV		Ida	08:20	08:50
ALUGUER	C.FRANCES>C.FRANCES		Circular	08:30	12:00
ALUGUER	CONFORAMA>GALP		Ida	12:30	13:15
ALUGUER	C.FRANCES>C.FRANCES		Circular	13:50	16:30
ALUGUER	GALP>CONFORAMA		Volta	14:15	15:00
ALUGUER	C. EFANOR>C. EFANOR		Circular	14:50	17:30
ALUGUER	ESCOLINHA>ESCOLINHA		Circular	15:20	17:30
ALUGUER	C.FRANCES>FOZ		Volta	16:30	18:15
ALUGUER	C.FRANCES>BOAVISTA		Volta	16:30	18:15
ALUGUER	C.FRANCES>BURGOS		Volta	16:30	18:15
ALUGUER	C.FRANCES>PORTO		Volta	16:30	18:15
ALUGUER	ALDEIA NOV>PORTO		Volta	17:00	17:19
ALUGUER	ALDEIA NOV>BOAVISTA		Volta	17:30	18:00
ALUGUER	ESPINHO>SEIXO ALVO		Volta	17:45	18:30
ALUGUER	CONFORAMA>GALP		Ida	20:40	21:25
ALUGUER	GALP>CONFORAMA		Volta	22:30	23:15

Figura 14 - As viagens criadas para planeamento do serviço regular especializado no *software*.

### 4.3 REPLICAÇÃO DE UMA ESCALA NO SOFTWARE

Os resultados obtidos nesta fase de trabalho constituem o ponto de comparação para todo o projeto desenvolvido. Foi integralmente inserido no *software* toda a atividade praticada de acordo com a escala arquivada, que lista todas as viagens comerciais de 15-10-2012, horários e viaturas utilizadas para cada motorista exceto:

- Viagens programadas para Veículos Articulados;
- Viagens inseridas em serviços de tripulante cujo motorista associado é sempre o mesmo no tipo de dia analisado.

Seguidamente, a inserção das viagens em vazio foi desenvolvida com o auxílio do gestor de tráfego, para melhor compreensão da atividade das viaturas quando não estão a realizar serviço ao público, procurando aproximar mais o estudo realizado da realidade.

Após completar o desenho no *software*, torna-se necessário exportar todo o serviço em função das viaturas, para contabilizar a distância total em vazio percorrida, e dos tripulantes, para contabilizar todos os tempos de trabalho a pagar.

A título de exemplo, ficam as tabelas 5, 6 e 7, que representam o que o *GISTLight* exporta e as variáveis que daí podem ser extraídas para caracterizar cada serviço (ver anexo C).

Tabela 5 - Exemplo da informação exportada do *GISTLight* para um serviço de tripulante

Serviço Tripulante	Tipo de Serviço de Tripulante	Serviço Viatura	Hora de Início	Hora de Fim	Nó de Início	Nó de Fim	Linha
P0104	SNM 3h	V4507	05:50	06:30	MOSTEIRO	PORTO	8
P0104	SNM 3h	V4507	06:30	06:50	PORTO	VILAESTE	8
P0104	SNM 3h	V4507	07:30	08:10	ALHEIRA	PORTO	13
P0104	SNM 3h	V4507	08:30	09:10	PORTO	QT. OLIVEIRAS	182
P0104	SNM 3h	V4507	11:20	11:50	VILAR (SOUTO)	PORTO	100
P0104	SNM 3h	V4507	11:50	12:20	PORTO	VILAR (SOUTO)	100
P0104	SNM 3h	V4507	13:30	14:05	BALTEIRO	PORTO	13
P0104	SNM 3h	V4507	14:30	14:56	PORTO	VILAESTE	8
P0104	SNM 3h	V4507	15:00	15:30	HOSPITAL	CARVALHOS	7
P0104	SNM 3h	V4507	15:30	16:00	CARVALHOS	HOSPITAL	7
P0104	SNM 3h	V4507	17:00	17:15	S. MIGUEL	ARNELAS	133
P0104	SNM 3h	V4507	17:20	17:50	QT. OLIVEIRAS	HOSPITAL	103
P0104	SNM 3h	V4507	17:50	18:20	HOSPITAL	QT. OLIVEIRAS	126
P0104	SNM 3h	V4507	18:35	18:45	AVINTES PALHEIRINHO	MAGARÃO	101

Tabela 6 - Informação recolhida após tratamento dos dados

Tempo Máximo do Total de Intervalos	03:00
Tempo Mínimo por Intervalo	00:15
Total Pausas	06:09
Total Pausas Não Descontadas	00:09
Total Intervalos	06:00
Tempo Comercial	06:46
Tempo de Suporte	03:09
Amplitude	12:55
Tempo Pago	09:55
Tempo Normal	08:00
Tempo Extra	01:55
Número de Etapas	8

Tabela 7 - Exemplo de exportação do *GISTLight* para um serviço de viatura

Serviço Viatura	Hora de Início	Hora de Fim	Nó de Início	Nó de Fim	Linha	Distância
V4507	05:38	05:50	AVINTES PALHEIRINHO	MOSTEIRO	-	5600
V4507	05:50	06:30	MOSTEIRO	PORTO	8	0
V4507	06:30	06:50	PORTO	VILAESTE	8	0
V4507	07:23	07:30	VILAESTE	ALHEIRA	-	5200
V4507	07:30	08:10	ALHEIRA	PORTO	13	0
V4507	08:30	09:10	PORTO	QT. OLIVEIRAS	182	0
V4507	11:12	11:20	QT. OLIVEIRAS	VILAR (SOUTO)	-	5800
V4507	11:20	11:50	VILAR (SOUTO)	PORTO	100	0
V4507	11:50	12:20	PORTO	VILAR (SOUTO)	100	0
V4507	13:26	13:30	VILAR (SOUTO)	BALTEIRO	-	3000
V4507	13:30	14:05	BALTEIRO	PORTO	13	0
V4507	14:30	14:56	PORTO	VILAESTE	8	0
V4507	14:56	15:00	VILAESTE	HOSPITAL	-	2900
V4507	15:00	15:30	HOSPITAL	CARVALHOS	7	0
V4507	15:30	16:00	CARVALHOS	HOSPITAL	7	0
V4507	16:43	17:00	HOSPITAL	S. MIGUEL	-	11600
V4507	17:00	17:15	S. MIGUEL	ARNELAS	133	0
V4507	17:19	17:20	ARNELAS	QT. OLIVEIRAS	-	850
V4507	17:20	17:50	QT. OLIVEIRAS	HOSPITAL	103	0
V4507	17:50	18:20	HOSPITAL	QT. OLIVEIRAS	126	0
V4507	18:30	18:35	QT. OLIVEIRAS	AVINTES PALHEIRINHO	-	2900
V4507	18:35	18:45	AVINTES PALHEIRINHO	MAGARÃO	101	0
V4507	18:45	18:51	MAGARÃO	AVINTES PALHEIRINHO	-	2800
					<b>TOTAL</b>	<b>40650</b>

Como é possível observar pelas tabelas apresentadas, sendo a oferta constante, são apenas tidas em conta as distâncias percorridas em vazio, uma vez que são estas que dão origem a diferenças entre as soluções.

Na tabela 6 salienta-se a variável Tempo Máximo de Total de Intervalos definida pelo tipo de contrato, no caso SNM 3h. A variável Tempo de Pausa Não Descontado depende igualmente do contrato estabelecido, que impõe o Tempo Mínimo por Intervalo e, assim, todos os valores abaixo deste limite são guardados nesta variável.

No caso apresentado, o valor total de intervalos ultrapassa o limite imposto pelo contrato, compreende-se que o valor do tempo de suporte seja a diferença entre o total de pausas e esse limite. Caso não se ultrapasse o limite, o tempo de suporte é igual ao tempo de pausa não passível de desconto.

O tempo pago é igual ao tempo comercial mais o tempo de suporte, que corresponde exatamente ao tempo efetivo de condução mais o tempo em que o tripulante está parado e a ser pago.

É ainda guardado o tempo de agente único a ser pago, que para cada solução, no total, é sempre constante, já que as viagens de transporte regular são as mesmas. No entanto, o seu custo varia mediante o contrato utilizado para cada serviço. Assim, a sua apresentação será efetuada na fase de contabilização de custos operacionais.

Após o tratamento de todos os dados, realiza-se um somatório de todas as variáveis que implicam um custo que pode variar para cada nova solução desenvolvida. Na tabela 8, ficam registados os valores que caracterizam a prática atual da MGC no dia 15-10-2012.

Tabela 8 - Resultados da escala realizada no dia 15-10-12

	<b>Escala MGC 15-10-12</b>
<b>Número de Viaturas</b>	60
<b>Número de Motoristas</b>	58
<b>Quilómetros em Vazio</b>	1657
<b>Horas Extras Praticadas</b>	117:35
<b>Incumprimentos de Refeição</b>	26

Após o apuramento dos valores das variáveis a serem consideradas com os custos operacionais, realizou-se ainda o estudo para verificar a utilização dos pontos de recolha. Na tabela 9 apresenta-se a utilização dos mesmos pela escala do dia 15-10-12.

Tabela 9 - Utilização dos pontos de recolha na escala do dia 15-10-12

Pontos de Recolha	Utilização
Avintes Palheiro	26
Tourão	5
Mosteiro	2
Casa do Tripulante	27

#### 4.4 CÁLCULO DOS CUSTOS OPERACIONAIS

Após a contabilização das variáveis anteriormente descritas, surge a necessidade de calcular os custos operacionais a que as mesmas dão origem, para que se possam fazer comparações entre soluções e efetuar conclusões acerca da melhor opção para implementar.

Na tabela 10 especificam-se os valores considerados, obtidos por cálculo ou junto da diretora de exploração.

Tabela 10 - Custos Operacionais da MGC Transportes

<b>Custo Fixo por Viatura</b>	37,84 €
<b>Custo Diário por Motorista (Vencimento Base Médio + Diuturnidade Média)</b>	46,13 €
<b>Custo por Hora para Cálculo de Hora Extra (com acréscimo de 25% na primeira hora e 37,5% nas seguintes)</b>	3,71 €
<b>Custo por Quilómetro Percorrido</b>	0,5546 €
<b>Custo por Incumprimento do Horário de Refeição</b>	2,18 €

Os custos relacionados com o serviço de tripulante foram obtidos por cálculo apresentando-se de seguida as fórmulas que lhes deram origem.

*Custo Diário por Motorista*

$$= \frac{(\text{Vencimento Base} + \text{Diuturnidades}) \times 14 \text{ meses}}{11 \text{ meses} \times 22 \text{ dias}} \times 1,2375$$

*Custo Hora para Cálculo de Hora Extra*

$$= \frac{(\text{Vencimento Base} + \text{Diuturnidades}) \times 12 \text{ meses}}{52 \text{ semanas} \times 40 \text{ horas}} \times 1,2375$$

É de referir que a multiplicação por 1,2375 se deve ao cálculo da taxa social única sobre as empresas com base no trabalhador. A segunda fórmula apresentada é também utilizada para calcular os custos de agente único mediante o contrato estabelecido com o motorista. Deve salientar-se que este cálculo só é executado quando se avaliam escalas, isto é, quando está definido em concreto o motorista que irá desempenhar cada serviço de tripulante. O tempo de agente único é constante em todas as soluções, já que as viagens de transporte regular são sempre as mesmas. No entanto, o valor a pagar varia com o tipo de contrato estabelecido com o tripulante que realiza o serviço.

Após a definição dos custos operacionais, pode agora apresentar-se na tabela 11 os custos operacionais variáveis resultantes da escala do dia 15-10-12.

Tabela 11 - Custos Operacionais Variáveis da Escala de 15-10-12

	Escala MGC 15-10-12	
	Valor Absoluto	€
<b>Número de Viaturas</b>	60	2.270,40 €
<b>Número de Motoristas</b>	58	2.675,54 €
<b>Quilómetros em Vazio</b>	1657	918,97 €
<b>Horas Extra Praticadas</b>	117:35	713,73 €
<b>Incumprimento de Refeição</b>	26	56,68 €
<b>Agente Único</b>	410:15	523,31 €
	<b>TOTAL</b>	<b>7.158,63 €</b>

Analisando os valores alcançados, é perceptível que reduzir o número de motoristas vai criar uma maior sobrecarga de horas extra, cujo peso na estrutura de custos é de cerca de 11% do total. Assim, procuram-se soluções que utilizem menos viaturas com melhores serviços de tripulante, isto é, serviços diários para os motoristas com maiores níveis de aproveitamento, tendo como objetivo diminuir as

horas extra a pagar. Ao longo do restante documento, as poupanças serão calculadas em relação aos resultados apresentados na tabela 11.

## **4.5 DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS**

Nesta parte do documento serão apresentados os principais procedimentos desenvolvidos em cada nova alternativa e respetivos resultados. As soluções criadas variam de acordo com a rendição permitida. Sempre que se aceitam rendições, estas são exclusivamente realizadas no Porto, porém, varia o facto de estas se poderem realizar em qualquer linha ou apenas nas linhas de Andante.

### **4.5.1 ALTERAÇÃO DE CONTRATOS**

Após a análise aos serviços de tripulante da solução de partida, percebeu-se que não estava a ser realizado um aproveitamento coerente dos contratos dos motoristas. Por exemplo, imagine-se um serviço com tempo total de intervalo de 4h30 no qual está a ser utilizado um motorista com contrato cujo limite é 3 horas. Neste caso, é paga a 1h30 em que o motorista está em intervalo acima do limite sem necessidade uma vez que caso fosse utilizado um contrato de limite de 5 horas este tempo não seria pago.

No sentido de verificar este mau aproveitamento, a primeira solução criada envolve apenas trocas de contrato diretas entre motoristas para maximizar o aproveitamento, sendo que:

$$\% \text{ Aproveitamento} = \frac{\text{Tempo Comercial}}{\text{Tempo Pago}} \times 100$$

As referidas trocas diretas foram executadas para tirar melhor partido dos contratos que admitem 5 horas totais de intervalos e um mínimo de 30 minutos por intervalo. Para esse efeito, foi utilizado um método iterativo de procura manual das melhores opções para:

- Índices de aproveitamento baixos;
- Tempo Extra superior a 2 horas para maximizar a poupança em cada troca realizada.

A solução encontrada é, compreensivelmente, teórica, já que apenas é considerada a hipotética troca de contrato entre motoristas. Se fosse considerada a troca efetiva de tripulante para aplicar o contrato que se pretende, a solução implicaria um aumento de 143 km em vazio, devido à alteração nos pontos de recolha, o que se traduziria num aumento dos custos na ordem dos 25€/dia.

Apresentam-se, na tabela 12, os resultados alcançados.

Tabela 12 - Resultados da solução com alteração de contratos

	Alteração de Contratos (I)			
	Valor Absoluto	€	Poupança	
			€	%
Número de Viaturas	60	2.270,40 €	0,00 €	0,0%
Número de Motoristas	58	2.675,54 €	0,00 €	0,0%
Quilómetros em Vazio	1657	918,97 €	0,00 €	0,0%
Horas Extra Praticadas	109:00	659,24 €	54,49 €	7,6%
Incumprimento de Refeição	26	56,68 €	0,00 €	0,0%
Agente Único	410:15	523,70 €	-0,39 €	-0,1%
<b>TOTAL</b>		<b>7.104,53 €</b>	<b>54,10 €</b>	<b>0,8%</b>

#### 4.5.2 RENDIÇÃO NO PORTO PARA QUALQUER LINHA

Iniciou-se aqui a criação de melhores soluções partindo das viagens a realizar para cumprir toda a oferta prevista. O problema foi dividido em 2 partes. No primeiro ficheiro, guardaram-se apenas as viagens de Andante, e no segundo ficheiro as restantes viagens.

Inicialmente, para as duas partes, foi gerada automaticamente a alocação de viaturas considerando apenas Avintes Palheirinho e Tourão como pontos de recolha. Este processo realizou-se duas vezes, uma vez que ao fim da primeira geração automática, no ficheiro de Andante, ficou uma viatura dedicada a uma única viagem, tendo essa viagem sido transferida para o outro ficheiro e voltando-se a gerar automaticamente os serviços de viatura para cobrir as viagens estabelecidas inicialmente mais a que foi transferida.

Para que fossem encontradas as melhores sequências de viagens para as viaturas, foram inseridos vários percursos em vazio entre os vários pontos da rede cuja informação não estava armazenada no *Microsoft Dynamics Nav* e, consequentemente, não foi importada para o *GISTLight*. A fonte utilizada foi o *Google Maps* que permite associar valores para a distância e a duração de cada percurso.



Após este procedimento, foram criados os serviços de tripulante admitindo trocas de viatura segundo a parametrização imposta pelo acordo que mais se verifica na empresa, o SNM 3h (ver tabela 13).

Tabela 13 - Parametrização imposta a criação manual dos serviços de tripulante

	SNM 3h	
	Min	Max
Duração de pequena interrupção		00:15
Número de Etapas	Sem restrição	
Amplitude	08:00	24:00:00
Tempo de Condução		12:00
Tempo de Condução Consecutivo	Sem restrição	
Tempo de refeição	01:00	
Tempo de trabalho normal		08:00
Tempo de trabalho extra		04:00
Duração total de pausas		03:00
Duração desejada de trabalho normal	08:00	
Duração desejada de trabalho total	08:00	

Antes de passar à explicação do processo de criação manual de serviços de tripulante, é necessário deixar explícita uma ferramenta que o *GISTLight* possui para interativamente se chegar a soluções realmente praticáveis. Essa ferramenta é o campo de validação automática que auxilia o utilizador a entender que tipo de serviço está a construir: a duração das suas etapas, dos seus blocos de trabalho, dos intervalos e o tempo de trabalho normal, extra e noturno (ver figura 15).



Figura 15 - Exemplos de validação automática de serviços de tripulante no GISTLight

O tempo de trabalho noturno não é tido em conta já que as viagens a realizar em horário noturno são sempre as mesmas, logo o custo envolvido também, pois não varia entre motoristas.

O processo de criação manual foi desenvolvido para procurar, fundamentalmente, reduzir as amplitudes de trabalho (tempo que decorre, num serviço diário, entre a hora de início da primeira viagem comercial e a hora de fim da última viagem comercial), pois é a esse fator que se deve o grande volume de horas extras pago. Foram seguidos os seguintes passos:

1. Procura da viatura que termina o seu serviço mais tarde;
2. Procura da viatura que inicia o seu serviço mais tarde;
3. Criação de um serviço de tripulante capaz de englobar as duas viaturas escolhidas em 1 e 2 efetuando troca de viatura no Porto;
4. Enquanto não forem percorridas todas as viaturas voltar ao passo 1;
5. Consolidação de todos os serviços de tripulante através de trocas de viagens entre eles mutuamente benéficas no sentido de aumentar o aproveitamento.

O processo foi desenvolvido manualmente devido a dificuldades com o algoritmo de geração automática de serviços de tripulante. Após a conclusão desta fase, foram efetuadas as trocas de contrato de acordo com as disponibilidades da tabela 3, para maximizar o aproveitamento e reduzir o número de horas extra pagas.

Na tabela 14 apresentam-se os resultados alcançados e na tabela 15 a respetiva utilização dos pontos de recolha.

Tabela 14 - Resultados da solução que admite rendição no Porto para qualquer linha.

	Rendição em Qualquer Linha (II)			
	<u>Valor Absoluto</u>	€	<u>Poupança</u>	
			€	%
<b>Número de Viaturas</b>	55	2.081,20 €	189,20 €	8,3%
<b>Número de Motoristas</b>	58	2.675,54 €	0,00 €	0,0%
<b>Quilómetros em Vazio</b>	1410	781,99 €	136,99 €	14,9%
<b>Horas Extra Praticadas</b>	96:37	584,16 €	129,57 €	18,2%
<b>Incumprimento de Refeição</b>	34	74,12 €	-17,44 €	-30,8%
<b>Agente Único</b>	410:15	509,64 €	13,67 €	2,6%
<b>TOTAL</b>		<b>6.706,65 €</b>	<b>451,99 €</b>	<b>6,3%</b>

Tabela 15 - Utilização dos pontos de recolha pela solução II

Pontos de Recolha	Utilização
Avintes Palheirinho	27
Tourão	28

Para que a solução descrita seja praticável, é imperativo que a MGC Transportes crie condições para 26 motoristas poderem realizar rendições.

#### 4.5.3 SEM RENDIÇÃO

Após o desenvolvimento da solução anterior, foi abandonada a possibilidade de utilizar troca de viaturas, uma vez que esse não é o método de trabalho da empresa justificado por:

- Serviço marcadamente inter-urbano, descontínuo e variável;
- Aparcamento das viaturas em casa dos motoristas, principalmente quando o primeiro serviço diário se inicia em pontos mais periféricos da rede;
- Sentimento de estima e de pertença perante a viatura, bem como o conhecimento da mesma, contribuindo para a sua manutenção.

Assim, procedeu-se a uma análise de eficiência dos circuitos predefinidos pela empresa para serem executados por um e um só motorista diariamente.

Nesta fase, foram inseridos no software todos os circuitos predefinidos e calculados os custos variáveis associados, utilizando o mesmo método de atribuição dos serviços de tripulante mediante o aproveitamento, o tipo de contrato e a máxima poupança possível ou seja, com a mesma base de raciocínio utilizada quando se processaram apenas as trocas diretas entre contratos na solução praticada.

Posteriormente, e partindo dos circuitos referidos, foram construídos novos circuitos o mais próximo possível dos serviços de tripulante definidos na solução que admite trocas de viatura, uma vez que essa foi gerada automaticamente pelo *GISTLight* no sentido de diminuir as distâncias em vazio percorridas. Nesta fase, houve especial atenção em manter constantes os circuitos definidos para os motoristas que normalmente iniciam o serviço na Lomba, Louredo ou Mota, pois estes são locais bem periféricos da rede destinados a motoristas que habitam aí perto.

Para avaliar a eficiência destes novos circuitos, são consideradas apenas as viagens em vazio intermédias, ou seja, não são contabilizadas as viagens impostas pelo aparcamento numa estação de recolha, uma vez que esta é uma fase de

planeamento onde não se encontra ainda definido o motorista e, consequentemente, é ainda desconhecido o local de estacionamento.

Todo o trabalho de contabilização de tempo extra é realizado de acordo com a combinação de Tempos Mínimos por Intervalos e Tempo Máximo Total de Intervalo em que, quer para os circuitos atuais, quer para os novos circuitos construídos, são utilizados 6 contratos de 30 minutos por intervalo e 5 horas no total de intervalos

#### 4.5.3.1 CIRCUITOS ATUAIS DA MGC

Os resultados apresentados na tabela 16 dizem respeito ao que está planeado atualmente num sistema de um só motorista por viatura. Registam-se apenas os valores dos fatores que podem variar dentro do mesmo sistema de apenas um motorista para cada viatura.

Tabela 16 - Resultados dos Circuitos atualmente utilizados pela MGC

	Cicuitos Atuais da MGC	
	<u>Valor Absoluto</u>	€
<b>Quilómetros em Vazio</b>	924	512,45 €
<b>Horas Extra Praticadas</b>	116:05	703,67 €
<b>Incumprimento de Refeição</b>	23	50,14 €
<b>TOTAL</b>		<b>1.266,26 €</b>

#### 4.5.3.2 NOVOS CIRCUITOS

Com ponto de partida nos circuitos cujos resultados são os descritos em cima, foram construídos circuitos mais eficientes para a análise realizada (ver tabela 17).

Tabela 17 - Resultados e poupança alcançada através da construção de novos circuitos

	Novos Circuitos			
	<u>Valor Absoluto</u>	€	<u>Poupança</u>	
			€	%
<b>Quilómetros em Vazio</b>	775	429,82 €	82,64 €	16,1%
<b>Horas Extra Praticadas</b>	100:32	606,93 €	96,74 €	13,7%
<b>Incumprimento de Refeição</b>	31	67,58 €	-17,44 €	-34,8%
<b>TOTAL</b>		<b>1.104,33 €</b>	<b>161,93 €</b>	<b>12,8%</b>

#### 4.5.3.3 ESCALAS COM BASE NOS CIRCUITOS ATUAIS VS NOVOS CIRCUITOS

Após análise aos resultados positivos alcançados na etapa anterior, a próxima fase de trabalho baseou-se na definição de um motorista em concreto para cada circuito. Esta definição fornece já informação acerca dos valores de agente único a pagar e dos quilómetros em vazio percorridos na partida e na chegada ao ponto de recolha.

Mediante os resultados alcançados, pretende-se compreender se os novos circuitos estão bem adaptados aos motoristas reais da MGC e aos pontos de recolha que utilizam.

A escala utilizada como ponto de partida foi a do dia 15-10-12, cujos resultados já foram apurados anteriormente. A nova escala, com base nos novos circuitos, foi construída respeitando as combinações de Tempos Mínimos por Intervalo e Tempo Máximo Total de Intervalo definidas na construção dos circuitos, e com a ajuda do gestor de tráfego, que indicou os melhores motoristas para cada novo circuito consoante o ponto de recolha utilizado. Assim, os resultados alcançados e os pontos de recolha utilizados, apresentam-se nas tabelas 18 e 19, respetivamente.

Tabela 18 - Comparação da escala do dia 15-10-12 com a escala baseada nos novos circuitos

	Escala baseada nos Circuitos Atuais		Escala baseada nos Novos Circuitos		Poupança		
	<u>Valor Absoluto</u>	€	<u>Valor Absoluto</u>	€	<u>Valor Absoluto</u>	€	%
Quilómetros em Vazio	1657	918,97 €	1638	908,43 €	19	10,54 €	1,1%
Horas Extra Praticadas	117:35	713,73 €	100:32	606,93 €	17:03	106,80 €	15,0%
Incumprimento de Refeição	26	56,68 €	31	67,58 €	-5	-10,90 €	-19,2%
Agente Único	410:15	523,31 €	410:15	532,26 €	0	-8,95 €	-1,7%
<b>TOTAL</b>		<b>2.212,69 €</b>		<b>2.115,21 €</b>		<b>97,49 €</b>	<b>4,4%</b>

Tabela 19 - Utilização dos pontos de recolha pela escala baseada nos novos circuitos e comparação com a escala de 15-10-12

Pontos de Recolha	Utilização
Avintes Palheiroinho	22 (-4)
Tourão	4 (-1)
Mosteiro	0 (-2)
Casa do Tripulante	32 (+5)

Listam-se aqui as principais conclusões da análise destes resultados:

- É observável que na passagem dos circuitos atuais para a escala existem algumas variações: um acréscimo de 1h30 em tempo extra e de 3

penalizações por incumprimento de refeição. Estas alterações devem-se ao “jogo” executado pelo gestor de tráfego quando construí a escala para conseguir englobar também o serviço de aluguer ocasional.

- Apesar dos novos circuitos diminuírem em cerca de 150 km as viagens em vazio entre viagens comerciais, estes estão menos adaptados à localização dos pontos de recolha. No caso da MGC, as distâncias em vazio dependentes do ponto de recolha contabilizam 733km, cerca de 44% do total, enquanto os novos circuitos apresentam 863km, cerca de 53% do total. Em média, devido ao ponto de recolha, na solução praticada cada motorista percorre cerca de 12,6km em vazio e na solução gerada cerca de 14,9km.

#### **4.5.4 RENDIÇÃO NO PORTO PARA LINHAS ANDANTE**

Após a análise dos resultados benéficos produzidos quando se pratica rendição de tripulantes, tornou-se interessante verificar o impacto das rendições caso sejam executadas apenas entre viaturas dedicadas ao serviço de linhas que necessitam do sistema Andante.

Estas soluções seguem exatamente os mesmos serviços de viatura e de tripulante dedicados a serviço de Andante que se praticavam na solução que admite rendições em qualquer linha. As diferenças surgem então nas restantes linhas:

- Solução Andante I - Com base na solução com rendições para qualquer linha, a cada viatura dedicada às restantes linhas foi atribuído um só tripulante;
- Solução Andante II – Com base na mesma solução acima referida, a cada tripulante dedicado às restantes linhas foi atribuída uma só viatura;
- Solução Andante III – Com base na Solução Andante I, foi executado o planeamento considerando mais um recurso homem/viatura.

Seguidamente apresentam-se os resultados destas alternativas (ver tabelas 20, 21 e 22), mas a sua avaliação é feita sem considerar, mais uma vez, os pontos de recolha e o valor pago de agente único, uma vez que não foram definidos os motoristas em concreto mas apenas as combinações de tempos de intervalo. Ou seja, toda a poupança calculada será relativamente aos circuitos atuais da MGC, tendo em conta ainda que estes utilizam 58 viaturas e 58 motoristas. De acordo como o objetivo da sua construção, no último caso será utilizada como comparação a Solução Andante I.

## SOLUÇÃO ANDANTE I

Tabela 20 - Resultados da Solução Andante I e poupança relativa aos circuitos atuais da MGC

	Rendição no Andante I			
	Valor Absoluto	€	Poupança	
			€	%
Número de Viaturas	55	2.081,20 €	113,52 €	5,2%
Número de Motoristas	57	2.629,41 €	46,13 €	1,7%
Quilómetros em Vazio	597	331,10 €	181,35 €	35,4%
Horas Extra Praticadas	105:07	638,18 €	65,49 €	9,3%
Incumprimento de Refeição	37	80,66 €	-30,52 €	-60,9%
<b>TOTAL</b>		<b>5.760,54 €</b>	<b>375,97 €</b>	<b>6,1%</b>

## SOLUÇÃO ANDANTE II

Tabela 21 - Resultados da Solução Andante II e poupança relativa aos circuitos atuais da MGC

	Rendição no Andante II			
	Valor Absoluto	€	Poupança	
			€	%
Número de Viaturas	56	2.119,04 €	75,68 €	3,4%
Número de Motoristas	58	2.675,54 €	0,00 €	0,0%
Quilómetros em Vazio	597	331,10 €	181,35 €	35,4%
Horas Extra Praticadas	96:37	584,16 €	119,51 €	17,0%
Incumprimento de Refeição	34	74,12 €	-23,98 €	-47,8%
<b>TOTAL</b>		<b>5.783,96 €</b>	<b>352,56 €</b>	<b>5,7%</b>

## SOLUÇÃO ANDANTE III

Tabela 22 - Resultados da Solução Andante III e poupança relativa à Solução Andante I

	Rendição no Andante III				
	Valor Absoluto	€	Poupança		
			Valor Absoluto	€	%
Número de Viaturas	56	2.119,04 €	-1	-37,84 €	-1,8%
Número de Motoristas	58	2.675,54 €	-1	-46,13 €	-1,8%
Quilómetros em Vazio	609	337,75 €	-12	-6,66 €	-2,0%
Horas Extra Praticadas	99:42	604,10 €	5:25	34,08 €	5,3%
Incumprimento de Refeição	36	78,48 €	1	2,18 €	2,7%
<b>TOTAL</b>		<b>5.814,91 €</b>		<b>-54,36 €</b>	<b>-0,9%</b>

Listam-se aqui as principais conclusões da análise destes resultados:

- A poupança alcançada em horas extras e incumprimentos de refeição através do acréscimo de uma viatura e um tripulante à solução Andante I (na solução Andante III) não compensa o aumento dos custos fixos de viatura, dos custos diários de motoristas e dos custos de quilómetros em vazio.
- A melhor proposta para rendição apenas nas linhas de Andante é a solução Andante I, que atribui a cada serviço de viatura da solução com Rendição Para Qualquer Linha na parte restante um só motorista.

#### **4.5.5 COMPARAÇÃO DAS ALTERNATIVAS**

No sentido de realizar uma avaliação global às propostas construídas, nesta fase de trabalho efetua-se uma comparação em termos do número de circuitos, isto é, sem a contabilização dos custos operacionais resultantes do tempo de agente único e dos quilómetros em vazio percorridos devido à localização do ponto de recolha. Assim, a comparação é feita tendo em conta a combinação de tempos de intervalo que o motorista teórico deve apresentar, mas não o contrato concreto que o motorista real possui nem o ponto de recolha que utiliza. É ainda de referir que no caso da Rendição do Andante, é apresentada a proposta I, pois foi a melhor das três construídas com esse tipo de restrição.

Primeiramente, apresentam-se alguns gráficos descritivos do comportamento das variáveis em análise em cada solução nesta fase de trabalho (ver figuras 16, 17, 18 e 19). Seguidamente, apresenta-se uma tabela resumo de todas as soluções (ver tabela 23) e um gráfico que apresenta o impacto de cada variável nos custos operacionais (ver figura 20).

De seguida, realizam-se dois estudos que pretendem avaliar a credibilidade das poupanças alcançadas face a algum défice de informação, e ao efeito da variação do número de etapas no número de horas extras praticadas.



#### 4.5.5.1 ANÁLISE DE VARIÁVEIS E RESPECTIVOS CUSTOS

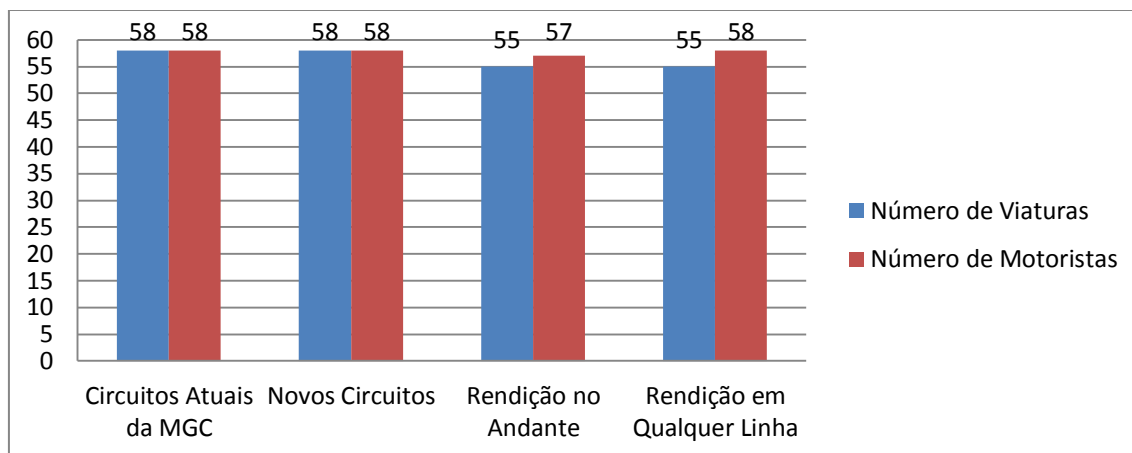


Figura 16 - Variação das Viaturas e Motoristas entre soluções.

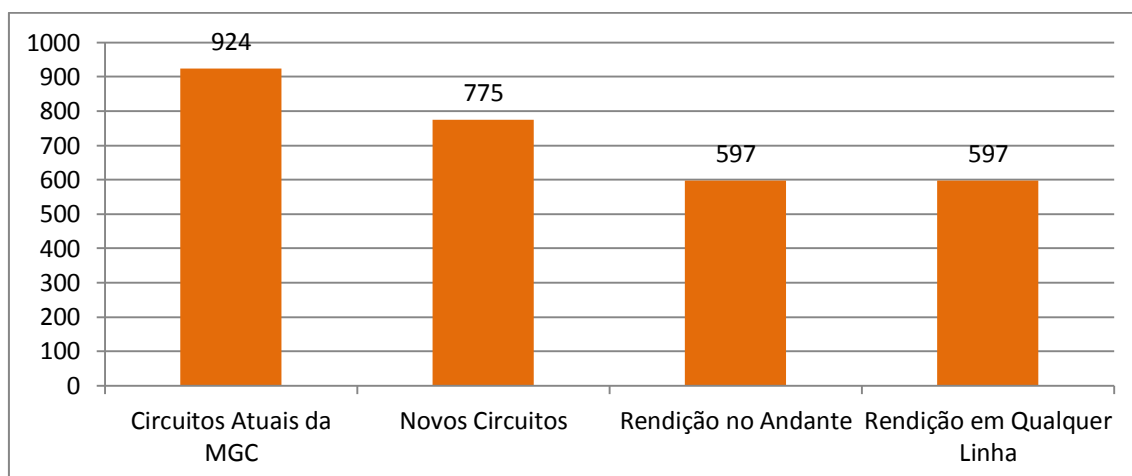


Figura 17 - Variação dos quilómetros em vazio nas soluções analisadas.

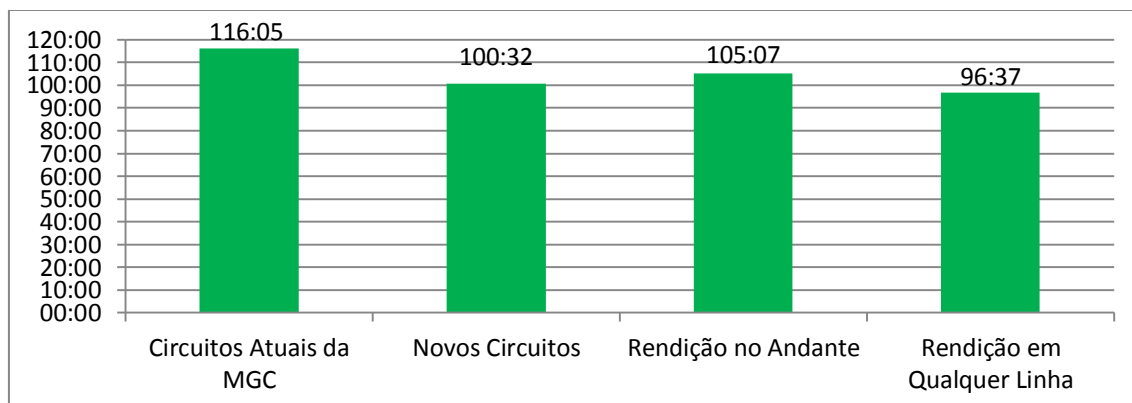


Figura 18 - Variação das horas extras praticadas nas soluções comparadas.

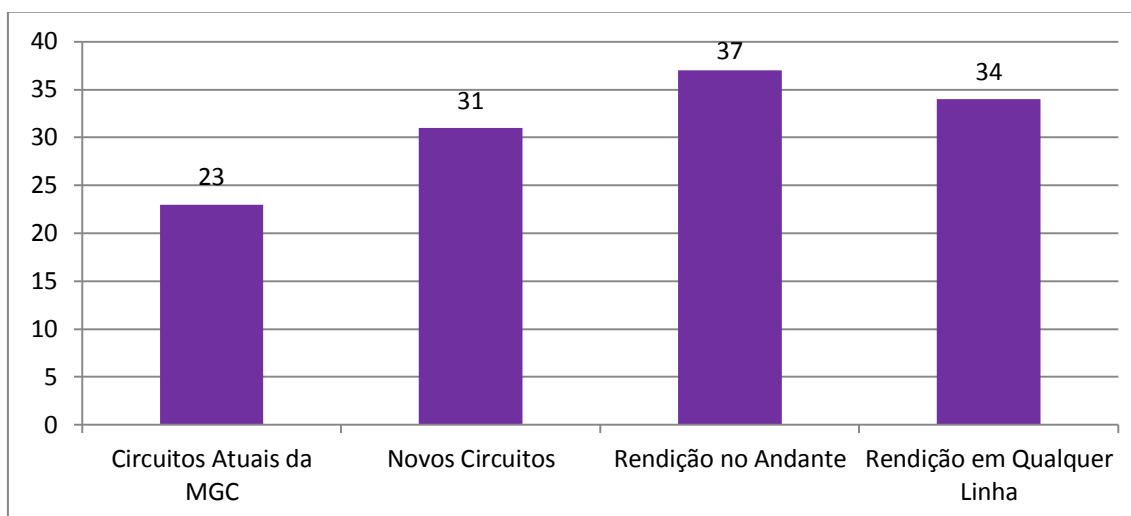


Figura 19 - Variação dos incumprimentos de refeição.

Tabela 23 – Tabela resumo de todas as soluções analisadas e a poupança relativa ao ponto de partida.

	Circuitos Atuais da MGC		Novos Circuitos		Rendição no Andante		Rendição em Qualquer Linha	
	Valor Absoluto	€	Valor Absoluto	€	Valor Absoluto	€	Valor Absoluto	€
Número de Viaturas	58	2.194,72 €	58	2.194,72 €	55	2.081,20 €	55	2.081,20 €
Número de Motoristas	58	2.675,54 €	58	2.675,54 €	57	2.629,41 €	58	2.675,54 €
Quilómetros em Vazio	924	512,45 €	775	429,82 €	597	331,10 €	597	331,10 €
Horas Extra Praticadas	116:05	703,67 €	100:32	606,93 €	105:07	638,18 €	96:37	584,16 €
Incumprimento de Refeição	23	50,14 €	31	67,58 €	37	80,66 €	34	74,12 €
<b>TOTAL</b>		<b>6.136,52 €</b>		<b>5.974,59 €</b>		<b>5.760,54 €</b>		<b>5.746,12 €</b>
<b>POUPANÇA</b>				<b>161,93 €</b>		<b>375,97 €</b>		<b>390,40 €</b>

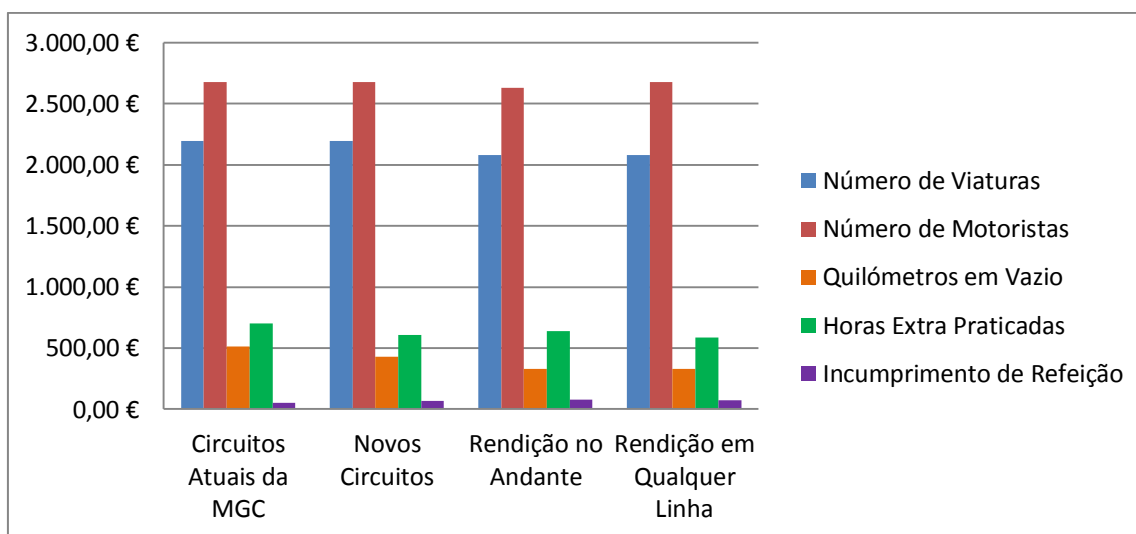


Figura 20 - Análise ao impacto dos custos operacionais de cada variável nos custos totais.

Pela análise dos gráficos e tabela anteriormente apresentados, pode afirmar-se que o fator que mais influencia os custos considerados no planeamento operacional na MGC é o número de motoristas utilizado. Na análise de todas as soluções, pode aferir-se que os custos relacionados com os motoristas representam de 55% a 60% do custo operacional variável, sendo que, naturalmente, os custos relacionados com as viaturas representam os restantes 40% a 45%.

A diminuição de horas extras alcançada através da redução da amplitude de trabalho e do aumento do aproveitamento favorece o aumento dos incumprimentos de refeições. Essa é a principal falha nas soluções encontradas, devendo ser avaliadas futuramente possíveis melhorias para que as propostas se adaptem mais à realidade da MGC.

Tendo em conta os resultados finais apresentados na tabela 23, de acordo com os custos de cada solução e as adaptações à realidade da MGC que as mesmas exigem, a solução mais interessante para ser aperfeiçoada é a Rendição no Andante, pois, apesar de ser 14,43 € mais cara que a Rendição Global, é mais realista, uma vez que não considera rendição em horários muito descontínuos.

#### 4.5.5.2 ANÁLISE DE MARGEM DAS POUPANÇAS ALCANÇADAS

No sentido de abordar o défice de informação relativa à não associação de serviços de tripulante ao motorista real e conseqüente não contabilização dos quilómetros percorridos devido à localização do ponto de recolha, foi desenvolvido um estudo que pretende calcular o número de quilómetros que seria necessário acrescentar às soluções criadas para a poupança ser nula. Para este estudo admite-se como valor de referência a diferença entre os circuitos atuais e a escala praticada a 15-10-12 e a diferença entre os novos circuitos e a escala realizada com os mesmos:

$$\text{Valor de Referência} = \frac{(1638 - 775) \text{ km} - (1657 - 924) \text{ km}}{58 \text{ motoristas}} = 2,241 \text{ km/motorista}$$

O valor de referência indica então quantos quilómetros a mais percorre cada motorista da escala construída com base nos novos circuitos, relativamente aos motoristas da escala praticada no dia 15-10-12, devido à localização do ponto de recolha.

Agora, calcula-se qual teria de ser o acréscimo de quilómetros percorridos para tornar a poupança nula. Esse valor é apurado para cada solução da seguinte forma:

$$Kms \text{ Poupança Nula} = \frac{Poupança}{Nr \text{ Motoristas} \times \text{Custo Km percorrido}}$$

Os valores alcançados dão origem á figura 21.

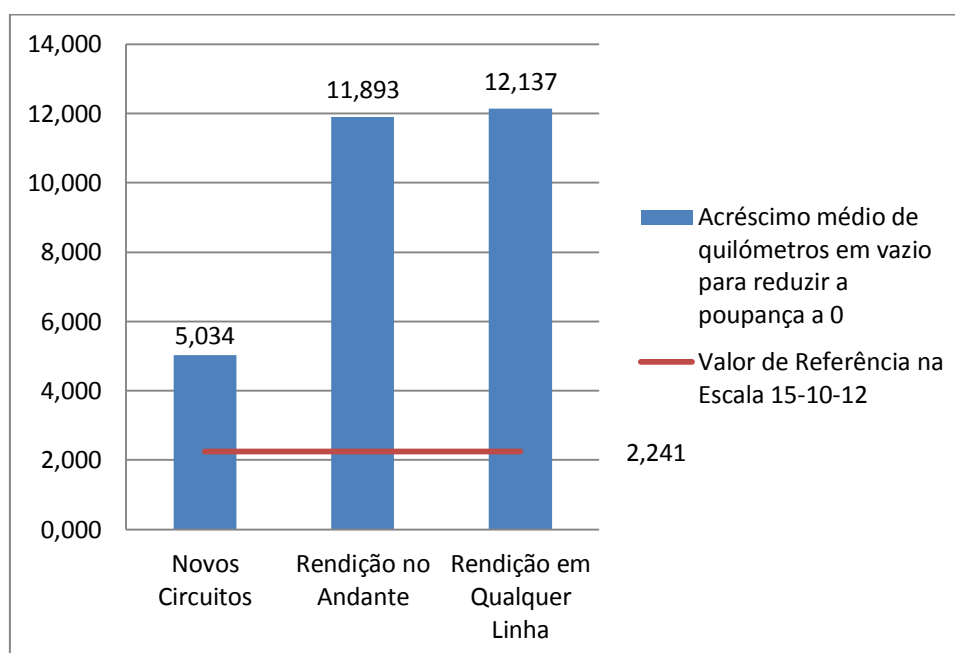


Figura 21 - Necessidade de acréscimo de quilómetros em vazio devido à localização do ponto de recolha para tornar a poupança nula.

Como é natural, os circuitos atuais da MGC são mais adaptados aos motoristas e aos seus pontos de recolha, no entanto, é observável, no gráfico, que o valor que se alcançou na passagem dos circuitos atuais da MGC para a escala praticada tem de ser largamente ultrapassado para que a poupança não se verifique. No mínimo, o aumento deve corresponder a:

$$Aumento \text{ mínimo de vazio} = (5,034 - 2,241) \frac{km}{motorista} \times 58 \text{ motoristas} \approx 162 \text{ km}$$

Para a solução considerada mais interessante, a rendição no Andante não seria rentável caso, aquando da realização da escala, se verificasse um acréscimo de 550 quilómetros, quase tantos quantos os que se realizam entre viagens comerciais, o que parece bastante improvável.

#### 4.5.5.3 NÚMERO DE ETAPAS VS HORAS EXTRAS

Finalmente, foi ainda realizado um estudo para avaliar se existia alguma relação direta entre o número de etapas praticado em cada solução e as respectivas horas extra a pagar. Os valores obtidos estão nas figuras 22 e 23.

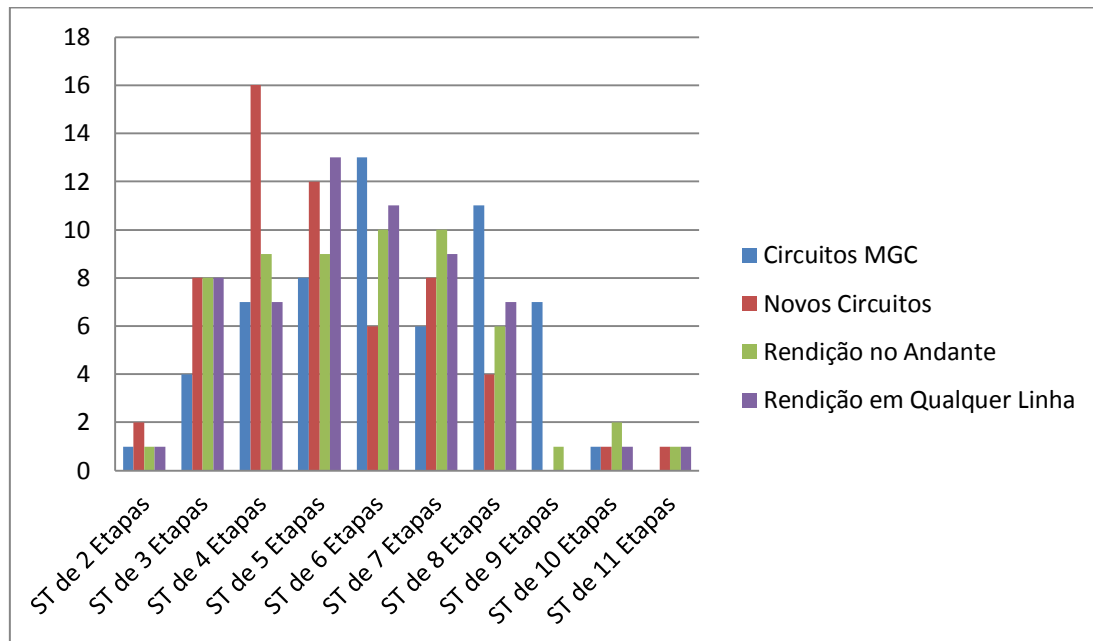


Figura 22 - Distribuição dos serviços de tripulante por número de etapas em cada solução.

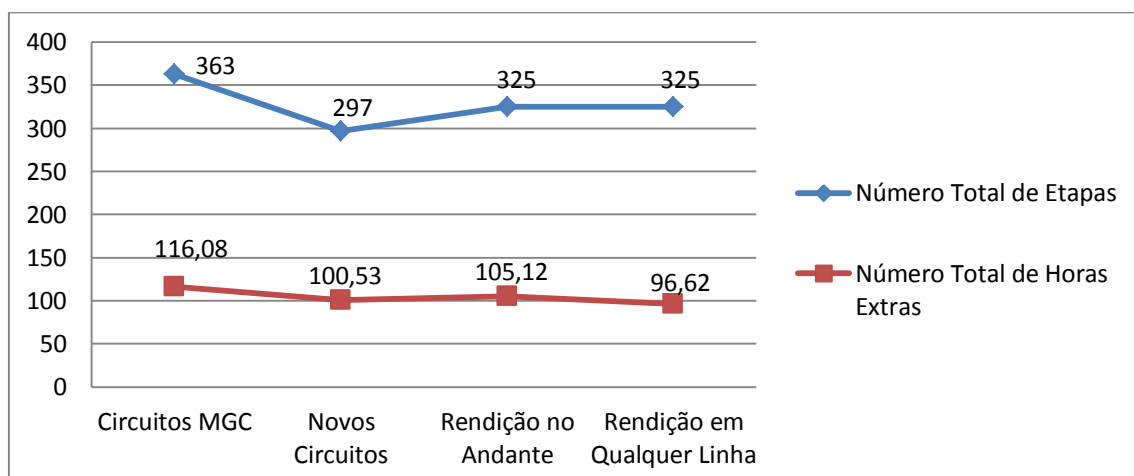


Figura 23 - Evolução do número de etapas e horas extras nas diversas soluções analisadas.

No ramo do transporte de passageiros é usual que os serviços de tripulante contenham entre 1, 2 e 3 etapas. Porém, no caso da MGC tal não se verifica, devido ao elevado grau de descontinuidade que apresenta na sua oferta. Analisando a figura 22, pode afirmar-se que procurando uma diminuição de custos operacionais foram alcançados serviços de tripulante mais uniformes, isto é, mais parecidos uns com os outros, sendo que a grande maioria está entre 3 e 8 etapas.

Na figura 23, conclui-se que não existe relação direta entre o número de horas extra e o número de etapas em cada solução, já que, por exemplo, nas duas soluções que admitem rendição, o número de etapas mantém-se e o número de horas extra varia. Isto significa que a diminuição de horas extras alcançada é também explicada por outras variáveis, e não exclusivamente pelo número de etapas.

#### **4.5.6 AFINAÇÃO DA ALTERNATIVA SELECIONADA**

Considerando as poupanças calculadas e as alterações exigidas ao método de trabalho atual, optou-se por desenvolver uma solução de Rendição no Andante realmente praticável, isto é, considerando mais algumas restrições ao problema para uma maior aproximação à realidade.

Assim, considerou-se que só se podem utilizar dois motoristas por viatura, uma vez que a nível operacional é o máximo que a empresa acha exequível. Considerou-se ainda que não se podem realizar etapas superiores a quatro horas e meia, e foi dada maior atenção aos horários de refeição, quando estes são impossíveis de satisfazer tentou-se criar pelo menos um intervalo significativo entre as 11h e as 15h e outro entre as 19h e as 23h para esse efeito.

A solução encontrada é comparada com a melhor solução de rendição de Andante apresentada anteriormente, pois foi com base nos seus resultados que se partiu para esta construção. Os resultados são apresentados na tabela 24.

Tabela 24 - Resultados operacionais variáveis da solução praticável e comparação com a solução que lhe deu origem.

	Rendição no Andante		Rendição no Andante Praticável				
	Valor Absoluto	€	Valor Absoluto	€	Poupança		
					Valor Absoluto	€	%
Número de Viaturas	55	2.081,20 €	54	2.043,36 €	1	37,84 €	1,8%
Número de Motoristas	57	2.629,41 €	57	2.629,41 €	0	0,00 €	0,0%
Quilómetros em Vazio	597	331,10 €	766	424,82 €	-169	-93,73 €	-28,3%
Horas Extra Praticadas	105:07	638,18 €	111:51	680,01 €	(-) 06:44	-41,83 €	-6,6%
Incumprimento de Refeição	37	80,66 €	20	43,60 €	17	37,06 €	45,9%
<b>TOTAL</b>		<b>5.760,54 €</b>	<b>TOTAL</b>	<b>5.821,20 €</b>		<b>-60,65 €</b>	<b>-1,1%</b>

Como se pode verificar na tabela, as novas restrições tornam a solução praticável mais cara. Na operação da rede Andante, para que se respeitasse o número de motoristas por viatura e a duração das etapas, foi necessário reconstruir os serviços de tripulante, o que no final, originou um aumento de 16 para 17 motoristas. Os serviços de viatura mantiveram-se exatamente iguais.

Na parte restante, começou-se por manter exatamente iguais os circuitos dos motoristas com residência nos pontos mais periféricos da rede, tal como foi feito anteriormente na construção de novos circuitos. É de salientar que na construção desta solução foi utilizado o plano mais recente de viagens, uma vez que a intenção era desenvolver algo que pudesse ser aplicado imediatamente. O objeto de planeamento, as viagens, não são exatamente as mesmas, até porque também o serviço regular especializado, fruto de alterações do mercado, foi atualizado. As ligeiras alterações na oferta possibilitaram a diminuição de uma viatura e de um tripulante, foram reduzidas cerca de 02h05 nos horários de transporte regular de passageiros. As novas restrições implicaram um aumento de 169km entre viagens comerciais.

Na tabela 25, apresenta-se a comparação dos resultados alcançados no projeto face ao que era praticado anteriormente, tendo em conta a mudança de plano. Entre as duas soluções estão 8 meses de trabalho.

Tabela 25 – Comparação da melhor solução praticável com o plano atual relativamente aos circuitos da MGC com o plano vigente no início do estágio.

	Circuitos Atuais da MGC		Rendição no Andante Praticável				
	Valor Absoluto	€	Valor Absoluto	€	Poupança		
					Valor Absoluto	€	%
Número de Viaturas	58	2.194,72 €	54	2.043,36 €	4	151,36 €	6,9%
Número de Motoristas	58	2.675,54 €	57	2.629,41 €	1	46,13 €	1,7%
Quilómetros em Vazio	924	512,45 €	766	424,82 €	158	87,63 €	17,1%
Horas Extra Praticadas	116:05	703,67 €	111:51	680,01 €	04:14	23,66 €	3,4%
Incumprimento de Refeição	23	50,14 €	20	43,60 €	3	6,54 €	13,0%
<b>TOTAL</b>		<b>6.136,52 €</b>	<b>TOTAL</b>	<b>5.821,20 €</b>		<b>315,32 €</b>	<b>5,1%</b>

Finalmente, para testar a aplicação da solução criada à realidade, procedeu-se ao desenvolvimento duma escala com base nos circuitos da Rendição no Andante Praticável. Os resultados (tabela 26) foram bem esclarecedores das melhorias que são possíveis introduzir na empresa e que permitem alcançar níveis muito superiores de rentabilidade e eficiência.

Tabela 26 – Comparação entre a escala de 15-10-12 e a escala produzida com base nos circuitos da Rendição no Andante Praticável.

	Escala MGC 15-10-12		Rendição no Andante Praticável				
	Valor Absoluto	€	Valor Absoluto	€	Poupança		
					Valor Absoluto	€	%
Número de Viaturas	60	2.270,40 €	54	2.043,36 €	6	227,04 €	10,0%
Número de Motoristas	58	2.675,54 €	57	2.629,41 €	1	46,13 €	1,7%
Quilómetros em Vazio	1657	918,97 €	1415	784,76 €	242	134,21 €	14,6%
Horas Extra Praticadas	117:35	713,73 €	111:51	680,01 €	05:44	33,72 €	4,7%
Incumprimento de Refeição	26	56,68 €	20	43,60 €	6	13,08 €	23,1%
Agente Único	410:15	523,31 €	408:10	527,83 €	02:05	-4,52 €	-0,9%
<b>TOTAL</b>		<b>7.158,63 €</b>	<b>TOTAL</b>	<b>6.708,97 €</b>		<b>449,67 €</b>	<b>6,3%</b>

Tabela 27 - Utilização dos pontos de recolha na nova escala e comparação com a escala de 15-10-12.

Pontos de Recolha	Utilização
Avintes Palheiro	20 (-6)
Tourão	8 (+3)
Mosteiro	0 (-2)
Casa do Tripulante	26 (-1)

Chegou-se assim, na fase final a uma solução completamente adaptada à realidade operacional da MGC Transportes, que baseada em custos operacionais ponderados pelo autor e outros fornecidos pelo departamento operacional da empresa, representa uma poupança de 6,3% dos custos operacionais variáveis, cerca



de 450€/dia, valor que inicialmente correspondia, por exemplo, ao pagamento de cerca de 63% do total de horas extra praticadas ou a cerca de 86% do custo com agente único.

#### 4.6 SUGESTÕES DE MELHORIA AO SOFTWARE DE SUPORTE

Ao longo do projeto, foi elaborada uma lista de sugestões de melhoria ou de retificações no sentido de tornar o *software* utilizado mais interessante para o utilizador:

- A ferramenta “*undo*” deve ser melhorada. Ao tentar gravar o ficheiro após a sua utilização, geram-se problemas no *software* e este deixa de responder sendo necessário proceder à sua reiniciação.
- Frequentemente, são apresentados graficamente serviços de viatura ou de tripulante cujo desenho está completamente desajustado relativamente às viagens que realmente se encontram atribuídas.
- Tanto a ferramenta de geração de relatórios como a de geração de serviços de tripulante devem ser revistas no sentido de se tornarem mais flexíveis e mais ajustáveis às realidades das empresas.
- Sugere-se a criação de um filtro para visualizar viaturas por linha.
- Sugere-se a possibilidade de criar restrições quanto ao tipo de viatura que as viagens admitem.
- Pode ser interessante criar intervalos temporais em que é mais provável haver variação da duração das viagens e, assim, fazer com que o programa considere diferentes velocidades comerciais para as janelas temporais. O *software* seria assim capaz de alertar o utilizador para encadeamentos de viagens muito apertados.
- No módulo Mapa, sugere-se a criação de um motor de busca próprio para aceder às características de um percurso, isto é, inserem-se as coordenadas dos pontos relevantes, a velocidade comercial, e o *software* automaticamente devolve valores de duração e distância. Este fator seria útil, principalmente no auxílio à criação de viagens em vazio.
- Quando se constrói um serviço de viatura, seria útil que o programa, numa situação em que duas viagens comerciais requerem uma viagem vazia entre elas, alertasse o utilizador para a possibilidade de esta se realizar ou não mediante a sua duração;

- Por último, sugere-se a interligação entre o *GISTLight* e o *Sistema de Informação das Carreiras dos Operadores*, desenvolvido pelo IMTT, cuja utilização é comum a todas as empresas do setor. Sugere-se que a importação da oferta seja desenvolvida a partir desse *software* onde se encontra armazenada informação relativa a todas as linhas, respetivos percursos e horários.



## **5. CONCLUSÃO**

### **5.1 BALANÇO DO TRABALHO REALIZADO**

A crítica do próprio autor ao trabalho por si desenvolvido constitui sempre uma posição ingrata.

Inicialmente, era um facto a predisposição e o sonho de conseguir desenvolver soluções de tal maneira proveitosas na perspetiva da empresa que se tornaria irracional não se dar uma coordenação de esforços para que fossem implementadas. A irreverência e a falta de experiência justificam essa posição de sonhador.

Após compreensão da complexidade do mundo dos transportes, particularmente da MGC Transportes, entende-se que a transferência do “papel” para a prática obrigue a contornar vários obstáculos. O primeiro obstáculo resulta do carácter sazonal de uma das áreas de negócio da empresa, o aluguer de viaturas para transportes ocasionais, que é um complemento muito importante na rentabilidade da sua faturação. O seu planeamento é possível, mas não com longa antecedência, e, tendo em conta a metodologia pouco automatizada do projeto, tornou-se irrealizável considerando o tempo disponível para esse efeito.

Outro obstáculo resulta da dificuldade em alterar a base de trabalho a colaboradores cuja experiência está limitada quase exclusivamente aos atuais métodos e ferramentas. De uma forma mais concreta, os circuitos planeados requerem as modificações necessárias à possibilidade de cobrir o aluguer ocasional que não incluem. Ora, se esses circuitos são modificados e se ainda se criam serviços que contam com a rendição de tripulantes na mesma viatura, exige-se uma adaptação e familiarização com o novo planeamento que leva tempo e exige experimentação até ficar consolidada.

Ainda assim, é inegável o carácter mais abrangente do planeamento resultante do projeto realizado, contando já com uma parte da oferta que não era considerada anteriormente (o serviço regular especializado, normalmente alocado em viaturas que também se dedicam ao transporte regular de passageiros). Outra valorização importante do projeto diz respeito às considerações desenvolvidas para avaliar se o tipo de contrato de cada tripulante se adapta ao trabalho diário que lhe é destinado. Aliás, esse é o fator diferenciador entre motoristas, juntamente com o impacto causado pela localização do ponto de recolha nas distâncias percorridas em vazio.

É dever do autor referir que os valores alcançados, por muito ponderados que tenham sido, são valores médios naturalmente estimados, podendo registar-se algumas diferenças quando o planeamento se concretizar, ao pormenor. Podem, por exemplo, verificar-se diferenças nos custos relacionados quer com o motorista, dependendo do desvio do seu vencimento relativamente ao vencimento médio, quer com a contabilização de quilómetros em vazio, dependendo dos percursos que efetivamente são utilizados.

Finalmente, a experiência vivida pelo autor faz-lhe crer que, numa janela temporal aceitável, é possível desenhar soluções aplicáveis mais baratas. Requererá um maior reconhecimento das necessidades laborais dos colaboradores responsáveis por este tipo de trabalho e uma maior automatização dos diferentes processos percorridos, no sentido de tornar o planeamento operacional um processo mais curto e mais ajustado à forte variabilidade dos transportes.

## 5.2 PERSPETIVAS DE TRABALHO FUTURO

Como propostas de trabalho futuro, é inevitável começar por definir uma maior automatização da metodologia desenhada, para que o processo seja mais rápido. Para além disso, é fundamental que seja mais fácil para o planeador verificar o impacto das variações nas diferentes fases do planeamento relativamente aos resultados finais. Mais concretamente, por exemplo, poderia ser desenvolvida uma macro para o *Microsoft Excel* no sentido de, através de um clique, se conseguir processar toda a informação exportada do *GISTLight* e, assim, visualizar todos os tempos de trabalho e custos associados aos serviços de tripulante, tanto individualmente como globalmente.

Outro défice na abordagem realizada e que futuramente pode ser colmatado, é a alocação dos serviços de viatura a cada uma das viaturas da MGC. Para tal, seria necessário recolher dados de distâncias percorridas nas viagens comerciais, fator não considerado já que a oferta é constante. No entanto, esta informação e, adicionalmente, o conhecimento dos consumos efetivos das viaturas poderia tornar o estudo realizado ainda mais abrangente e detalhado. A forma mais eficiente de alcançar bons resultados seria, mediante a procura de passageiros, alocar as viaturas com lotação suficiente e menores consumos aos serviços de maiores distâncias a percorrer. Este processo poderia originar maior conhecimento do impacto do consumo de combustível nos resultados operacionais variáveis, uma vez que até ao momento o

custo de combustível é apenas considerado numa parte do custo por quilómetro em vazio. Se realmente fossem reunidos os dados referidos, seria possível perceber quais os circuitos mais críticos, quais os que desempenham um papel mais influente e de que forma poderiam ser adequados às características concretas das viaturas.

É perceptível a fácil adaptação do trabalho desenvolvido na MGC Transportes a outras empresas do ramo, visando a racionalização do planeamento operacional, indispensável na poupança de recursos para futuro investimento noutras áreas responsáveis pelo alcance de vantagem competitiva relativamente a concorrência.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- António, Alexandra. "Gestão De Operações Nos Transportes Públicos Rodoviários De Passageiros." *Universidade Técnica de Lisboa*, 2008.
- AMP, "Área Metropolitana do Porto - Assegurar a Sustentabilidade Energética e Ambiental." <http://www.amp.pt/gca/?id=98>, 2012.
- Belindro, Diogo. "Afectação Adequada de Recursos no Sector do Transporte Rodoviário de Passageiros na Valpi Bus, S. A." *Universidade do Porto*, 2011.
- Borges, José Luís Cabral de Moura. "Sistema De Apoio À Geração De Escalas De Pessoal No Planeamento Operacional De Sistemas De Transportes Colectivos." *Universidade do Porto*, 1994.
- Buehler, Ralph, and John Pucher. "Making Public Transport Financially Sustainable." *Transport Policy* 18, no. 1: 126-138, 2011.
- Ceder, A. "Public Transit Planning and Operation: Theory, Modeling and Practice." *Elsevier, Butterworth-Heinemann*, 2007.
- De Leone, Renato, Paola Festa, and Emilia Marchitto. "Solving a Bus Driver Scheduling Problem with Randomized Multistart Heuristics." *International Transactions in Operational Research* 18, no. 6: 707-727, 2011.
- Dias, Maria Teresa Galvão. "Aplicação De Algoritmos Genéticos Ao Problema Da Geração De Serviços De Tripulações." *Universidade do Porto*, 1995.
- Dias, Maria Teresa Galvão. "A New Approach to the Bus Driver Scheduling Problem Using Multiobjective Genetic Algorithms." *Universidade do Porto*, 2005.
- Ferreira, José António de Vasconcelos. "Sistema De Apoio À Decisão Para Escalamento De Tripulantes No Transporte Colectivo Urbano." *Universidade do Porto*, 2005.



Google - Google Maps, <https://maps.google.pt> , 2012.

Lousa, Ricardo. "Planeamento E Gestão De Uma Rede De Transporte Público De Passageiros." *Universidade do Porto*, 2012.

Mauri, G.R., and L.A.N. Lorena. "Driver Scheduling Generation Using a Population Training Algorithm." In *Proceedings of I Brazilian Workshop On Evolutionary Computation*, in: *SBRN*, 2004.

Meireles, Sara Isabel Marcelino Pinto de. "Sistemas De Transporte Flexível Em Zonas De Procura Dispersa." *Universidade do Porto*, 2009.

OPT - Manual de Utilizador: GISTLight 1.0.3. , 2011.

Portugal, Rita, Helena R. Lourenço, and José P. Paixão. "Driver Scheduling Problem Modelling." *Public Transport* 1, no. 2: 103-120, 2009.

Rodrigue, Jean-Paul, and Theo Notteboom, "The Geography of Transport Systems" <http://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch7en/conc7en/ch7c3en.html>, 2013.

Sousa, J. P. "Um Sistema de Apoio à Decisão para elaboração de horários de viaturas e tripulações em serviços de transporte urbanos." *Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa*, 1986.

# **ANEXOS**



## ANEXO A: LISTAGEM DE NÓS

Nó	Latitude	Longitude
Afonso	41,044145	-8,553586
Aldeia Nova	41,093648	-8,545647
Alheira	41,083392	-8,541527
Arnelas	41,082392	-8,523588
Avintes Palheirinho	41,104741	-8,552170
Balteiro	41,091902	-8,560581
Barragem	41,074531	-8,488312
Boavista	41,157122	-8,631992
Burgos	41,179558	-8,631306
Colégio Efanor	41,173033	-8,647227
Colégio Francês	41,156920	-8,659930
Camalhães	41,033658	-8,540754
Canedo	41,014102	-8,478270
Carvalhos	41,062689	-8,569293
Cocheira	41,085982	-8,533416
Conforama	41,140011	-8,644094
Continente	41,119081	-8,621478
Crasto	41,024269	-8,496294
Crestuma	41,063724	-8,500414
Escolinha	41,156565	-8,671067
Espinhaço	41,118628	-8,551204
Espinho	41,008403	-8,634138
Foz	41,152356	-8,674479
Freixieiro	41,117901	-8,574314
Galp	41,201826	-8,694284
Gestosa	41,045311	-8,506165
Hospital	41,105193	-8,591394
Lever Igreja	41,067510	-8,481102
Lever Portelinha	41,056735	-8,461833
Lijó	41,096041	-8,562813
Lixa	41,075598	-8,465824
Lomba	41,059744	-8,411064
Louredo	40,982425	-8,460588
Magarão	41,121392	-8,566847
Mosteiro	41,065245	-8,558693
Mosteirô	41,041168	-8,448873
Mota	40,991949	-8,451447
Mouchão	41,022391	-8,471832
Olival	41,045505	-8,546505
Padrão Vermelho	41,097109	-8,547621
Pereiro	41,090608	-8,553200
Pisão	41,064792	-8,544102
Porto	41,143663	-8,607831
Póvoa	41,051848	-8,482046
Ponte de Pedra	41,104547	-8,561182
Quinta das Oliveiras	41,090608	-8,531570
São Miguel	41,048935	-8,526528
Sandim Sá	41,016466	-8,501530
Sandim Tourão	41,041815	-8,517923
Santa Marinha	41,034111	-8,488226
Seixo Alvo	41,060650	-8,520584
Várzea	41,041087	-8,481424
Vila d'Este	41,099599	-8,590279
Vilar de Andorinho	41,105420	-8,585129
Vilar de Andorinho Souto	41,105145	-8,572673

Tabela A1 – Listagem de nós do problema.

## ANEXO B: LISTAGEM DE LINHAS

Agrupamento	Linha	Percurso
CFERN	001	Mosteiro - Porto P/ Paradela
	002	Lijo - Porto P/ Vilar
	004	Pisão - Porto p/ Figueiredo e Vila Este
	005	Fioso - Porto P/ Sta Marinha
	006	Alheira - Porto p/ Balteiro e Vila Este
	007	Carvalhos - Porto p/ Vila Este
	008	Mosteiro - Porto
	010	Alheira - Porto
	011	Pisão - Porto
	012	Fioso - Porto p/ Sta. Marinha
	013	ALHEIRA - PORTO
EN1	100	VILAR (SOUTO) - PORTO
	102	Porto - Sá
	119	Canedo - Porto (Sandim)
	122	Louredo - Porto
	124	Figueira do Mato - Lever Portelinha
	149	Lever - Carvalhos
	158	Póvoa - Figueira do Mato
	160	Espinho - Lever
	161	Lever - Figueira do Mato
	170	Sunviauto
	178	Porto - Varzea
	179	Boavista - Lever
	181	Póvoa - Boavista
EN222	186	Carvalhos - Mosteirô (Via C+S)
	106	Avintes (Ponte Pedra) - Porto
	107	Alheira - Porto
	109	Mosteirô - Porto (C+S)
	110	Crestuma - Porto (C+S)
	111	Canedo - Porto (C+S)
	112	Mosteirô - Porto (Variante)
	113	Canedo - Porto (Variante)
	114	Mosteirô - Porto (Vessada)
	115	Canedo - Porto (Vessada)
	116	Mosteirô - Porto (Fioso)
	117	Canedo - Porto (Fioso)
	118	Crestuma - Porto (Fioso)
	120	Lomba - Porto (Vessada)
	121	Lomba - Porto (Variante)
	123	Pessegueiro - Sá - Porto (EN222)
	129	Lever - Porto (Fioso)
	130	Canedo - Porto (Fioso e C+S)
	132	Lomba - Porto (C+S)
	134	Lever - Porto (Variante)
	135	Lever - Porto (Vessada)
	136	Lever - Porto (C+S)
	148	Espinhaço - Porto (EB23 - EN 222)
	162	Porto - Lever (Alheira)
	168	Etar - Quinta das Oliveiras
	171	Espinhaço - Porto (EN222)
	174	Porto - Quinta das Oliveiras (EN222)
	176	Lixa - Porto
	177	Barragem - Lomba

ESCOLAS	131	C+S - Ameal
	133	Arnelas - C+S
	139	Afonsim - C+S (Gondosende)
	143	Canedo - C+S (Sá)
	155	C+S - Santa Marinha
	159	São Miguel - C+S (Afonsim-Circular)
	172	S. Miguel - Afonsim
HSS	003	Avintes - Carvalhos P/ Alheira
	103	Hospital - Quinta das Oliveiras
	125	Espinho - Pessegueiro
	126	Crestuma - Hospital
RCARV	101	Quinta das Oliveiras - Porto
	104	Arnelas - Porto
	105	Espinhaço - Porto
	108	Porto - Vilar de Andorinho
	154	Quinta das Oliveiras - Porto (EB Frx)
	157	Arnelas - Porto (Espinhaço)
	180	Porto - Padrão Vermelho
	182	Porto - Alheira (Qt. Oliveiras)
	187	Porto-Vila d'Este p/ Vilar de Andorinho
	188	Arnelas - Porto (via Vilar)
	127	Carvalhos - Lever (Fioso)
	137	Afonsim - Lever
SE	138	Vilar de Andorinho - Baiza escolas
	140	Carvalhos - Várzea
	141	Carvalhos - Lever (Vessada)
	145	Lever - Olival
	147	Avintes (Palheirinho) - Granit
	150	Lever - Tourão
	151	Continente - Quinta das Oliveiras
	152	Carvalhos - Mosteirô
	153	Figueira do Mato - Lever (Pisão)
	166	Continente - Porto
	173	Crestuma - Lixa
	175	Lever Santo - Barragem
	185	Seixo Alvo - Carvalhos
	169	Centro de Saúde
	189	Lever - Espinho (via Afonsim)

Tabela B1 – Listagem de todas as linhas da MGC Transportes.

**Legenda:**

- Linha de operação ANDANTE
- Linha fechada ou não abrangida pelo plano

## ANEXO C: LISTAGEM DE FÓRMULAS

$$\begin{aligned} Total\ Pausas_j &= \sum_{i=1}^n (Hora\ de\ início_{i+1} - Hora\ de\ fim_i), \quad \forall\ viagens\ i = 1, \dots, n \\ &\in\ serviço\ de\ tripulante\ j = 1, \dots, m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Total\ Intervalos_j &= \sum_{i=2}^n Pausa_i, \quad \forall\ pausa\ i = 2, \dots, n \geq Limite\ Mínimo\ por\ Intervalo \\ &\in\ serviço\ de\ tripulante\ j = 1, \dots, m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Total\ Pausas\ Não\ Descontadas_j \\ &= Total\ Pausas_j - Total\ Intervalos_j, \quad \forall\ serviço\ de\ tripulante\ j = 1, \dots, m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Tempo\ de\ Suporte_j \\ &= \begin{cases} Total\ Pausas\ Não\ Descontadas_j, & \text{se } Total\ Intervalos_j \leq Limite\ Máximo\ Total\ de\ Intervalos \\ Total\ Pausas_j - Limite\ Máximo\ Total\ de\ Intervalos, & \text{se } Total\ Intervalos_j > Limite\ Máximo\ Total\ de\ Intervalos' \end{cases} \\ &\quad \forall\ serviço\ de\ tripulante\ j = 1, \dots, m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Tempo\ Comercial_j \\ &= \sum_{i=1}^n (Hora\ de\ fim_i - Hora\ de\ início_i), \quad \forall\ viagens\ i = 1, \dots, n \\ &\in\ serviço\ de\ tripulante\ j = 1, \dots, m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Tempo\ Pago_j &= Tempo\ Comercial_j + Tempo\ de\ Suporte_j, \\ &\quad \forall\ serviço\ de\ tripulante\ j = 1, \dots, m \end{aligned}$$

## ANEXO D: CÓDIGO EM *VISUAL BASIC* PARA TRATAMENTO DOS DADOS

```
Sub Viagens()  
    Dim i, Limite, j, x, y As Long  
    Dim SegmentoInicio, SegmentoFinal, Origem, Destino, Linha, No, IdentificarLinha,  
Sentido As String  
    Dim posicaoHoraO, posicaoMinutoO, posicaoHoraD, posicaoMinutoD, horaO,  
minutoO, horaD, minutoD, posicaoSI, posicaoSF, posicaoL, posicaoO, posicaoD,  
posicaoViagens, posicaoSentido As String  
    If Circuito.Range("Y2").Value = "Ascendente" Then  
        Sentido = "G"  
    Else  
        Sentido = "R"  
    End If  
    Teste.Range("D1").Value = "[" & Circuito.Range("H2").Value & "]"[N][1] & Sentido &  
"]"  
    Limite = Circuito.UsedRange.Rows.Count  
    j = 1  
    posicaoViagens = "D"  
    For i = 2 To Limite  
        x = i  
        posicaoHoraO = "AJ" & i  
        posicaoMinutoO = "AK" & i  
        posicaoHoraD = "AL" & i  
        posicaoMinutoD = "AM" & i  
        posicaoSI = "P" & i  
        posicaoSF = "Q" & i  
        posicaoO = "L" & i  
        posicaoD = "M" & i  
        posicaoL = "H" & (i + 1)  
        posicaoSentido = "Y" & (i + 1)  
        posicaoViagens = posicaoViagens & j
```



With Circuito

```
horaO = .Range(posicaoHoraO).Value
minutoO = .Range(posicaoMinutoO).Value
horaD = .Range(posicaoHoraD).Value
minutoD = .Range(posicaoMinutoD).Value
Origem = .Range(posicaoO).Value
Destino = .Range(posicaoD).Value
Linha = .Range(posicaoL).Value
valorSentido = .Range(posicaoSentido).Value
SegmentoInicio = .Range(posicaoSI).Value & ";" & horaO & ":" & minutoO
SegmentoFinal = .Range(posicaoSF).Value
No = SegmentoInicio
```

End With

With Teste

```
If Circuito.Range(posicaoSI).Value = Origem Then
    posicaoViagens = "D" & (j + 1)
    .Range(posicaoViagens).Value = No
    j = j + 1
End If

If SegmentoFinal = Destino Then
    posicaoViagens = "D" & (j + 1)
    SegmentoFinal = SegmentoFinal & ";" & horaD & ":" & minutoD
    .Range(posicaoViagens).Value = SegmentoFinal
    j = j + 1
    If valorSentido = "Ascendente" Then
        Sentido = "G"
    Else
        Sentido = "R"
    End If
    If i <> Limite Then
        IdentificarLinha = "[" & Linha & "]"[N][ " & Sentido & "]"
        posicaoViagens = "D" & (j + 1)
        .Range(posicaoViagens).Value = IdentificarLinha
```

```

        j = j + 1

    Else

    End If

    Else

        If (SegmentoFinal = "ALHEIRA" Or SegmentoFinal = "CAMALHÕES" Or
SegmentoFinal = "QT.OLIVEIRAS" Or SegmentoFinal = "MOSTEIRO" Or SegmentoFinal =
"BALTEIRO" Or SegmentoFinal = "VILA ESTE" Or SegmentoFinal = "LIJÓ" Or SegmentoFinal =
"COCHEIRA" Or SegmentoFinal = "PISÃO" Or SegmentoFinal = "L. PORTELINHA" Or
SegmentoFinal = "PORTO" Or SegmentoFinal = "S. MIGUEL" Or SegmentoFinal = "HOSPITAL"
Or SegmentoFinal = "VILAR" Or SegmentoFinal = "PT. PEDRA" Or SegmentoFinal =
"BOAVISTA" Or SegmentoFinal = "VILAR (SOUTO)" Or SegmentoFinal = "AVINTES
PALHEIRINHO" Or SegmentoFinal = "CARVALHOS" Or SegmentoFinal = "SÁ" Or
SegmentoFinal = "LOUREDO" Or SegmentoFinal = "CRESTUMA" Or SegmentoFinal = "L.
IGREJA" Or SegmentoFinal = "ESPINHAÇO" Or SegmentoFinal = "FREIXIEIRO" Or
SegmentoFinal = "VÁRZEA" Or SegmentoFinal = "SEIXO ALVO" Or SegmentoFinal = "ALDEIA
NOVA" Or SegmentoFinal = "CANEDO" Or SegmentoFinal = "LIXA" Or SegmentoFinal =
"MOSTEIRÔ" Or SegmentoFinal = "PADRÃO VERMELHO" Or SegmentoFinal = "LOMBA" Or
SegmentoFinal = "MOUCHÃO" Or SegmentoFinal = "BARRAGEM" Or SegmentoFinal =
"ARNELAS" Or SegmentoFinal = "TOURÃO" Or SegmentoFinal = "AFONSIM" Or
SegmentoFinal = "ESPINHO" Or SegmentoFinal = "GESTOSA" Or SegmentoFinal =
"CONTINENTE" Or SegmentoFinal = "PÓVOA" Or SegmentoFinal = "MOTA" Or
SegmentoFinal = "CRASTO" Or SegmentoFinal = "PEREIRO" Or SegmentoFinal = "OLIVAL" Or
SegmentoFinal = "S.MARINHA(SAN)" Or SegmentoFinal = "MAGARÃO") Then

            posicaoViagens = "D" & (j + 1)

            SegmentoFinal = SegmentoFinal & ";" & horaD & ":" & minutoD

            .Range(posicaoViagens).Value = SegmentoFinal

            j = j + 1

        End If

    End If

End With

posicaoViagens = "D"

Next i

End Sub

```